



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**Peningkatan Kinerja Ruang Sumber Terisolasi  
Dengan Metode Pelapisan *Gypsum Board* Sebagai  
Alat Uji Rugi Transmisi (TL) Berdasarkan Standar  
ASTM E-413**

**AZIZ NUGROHO**  
NRP 1111 100 082

Dosen Pembimbing I  
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Dosen Pembimbing II  
Susilo Indrawati, M.Si

**JURUSAN FISIKA**  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**Improvement of Performance an Isolated  
Source Room Using Gypsum Board Coating  
Method as Transmission Loss (TL) Test Tool  
Based On The ASTM E-413 Standart**

**AZIZ NUGROHO**  
**NRP 1111 100 082**

**Advisor I**  
**Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

**Advisor II**  
**Susilo Indrawati, M.Si**

**Department of Physics**  
**Faculty of Mathematics and Natural Sciences**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**

**Peningkatan Kinerja Ruang Sumber Terisolasi Dengan  
Metode Pelapisan *Gypsum Board* Sebagai Alat Uji Rugi  
Transmisi (TL) Berdasarkan Standar ASTM E-413**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Fisika Instrumentasi Akustik  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:  
Aziz Nugroho  
NRP. 1111 100 082**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir**

**1. Drs. Bachtera Indarto, M.Si** ..... (Pembimbing I)

**2. Susilo Indrawati, M.Si** ..... (Pembimbing II)



**Surabaya, Juli 2015**

## **Peningkatan Kinerja Ruang Sumber Terisolasi Dengan Metode Pelapisan *Gypsum Board* Sebagai Alat Uji Rugi Transmisi (TL) Berdasarkan Standar ASTM E-413**

**Nama** : Aziz Nugroho  
**NRP** : 1111 100 082  
**Jurusan** : Fisika ITS  
**Dosen Pembimbing** : Drs. Bachtera Indarto, M.Si  
: Susilo Indrawati, M.Si

### **Abstrak**

*Suatu ruang dikatakan baik jika memiliki nilai Transmission Loss (TL) yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya isolasi ruang sumber dengan menggunakan metode pelapisan gypsum board 12 mm pada semua sisi dan menambahkan ketebalan pada sekat sehingga dapat menguji bahan tebal. Variasi bahan yang diuji berupa gypsum satu lapis, gypsum dua lapis, serta partisi berlapis, dan diperoleh peningkatan STC sebelum dan sesudah perbaikan berturut-turut yaitu 2 dB, 2 dB, dan 8 dB. Peningkatan STC dikarenakan berkurangnya transmisi sisi. Pada dinding partisi yang telah dilapisi gypsum masih terdapat transmisi sisi. Besarnya transmisi sisi dapat ditunjukkan dengan nilai NR masing-masing partisi. Pada frekuensi 1000 Hz nilai NR terbesar terdapat pada titik 2 yaitu 36,19 dB, sedangkan nilai NR terendah adalah titik 1 yaitu 32,90dB. Sehingga ruang sumber hanya mampu mengukur bahan dibawah 32,90 dB pada frekuensi 1000 Hz*

**Kata kunci** : *Gypsum, Rugi transmisi, Sound Transmission Class, Transmisi sisi, partisi.*

# **Improvement of Performance an Isolated Source Room Using Gypsum Board Coating Method as Transmission Loss (TL) Test Tool Based On The ASTM E-413 Standart**

**Name** : Aziz Nugroho  
**NRP** : 1111100082  
**Major** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor I** : Drs. Bachtera Indarto  
**Advisor II** : Susilo Indrawati, M.Si

## **Abstrak**

*The room has good quality if the transmission loss value is large. This search purpose to increase the isolation of space resources by gypsum board 12 mm by coating method on all sides and add thickness to the bulkhead so as to test the thick material. Variation of materials tested in the form of gypsum one layer, two layers of gypsum and layered partition, and obtained an increase in STC before and after repair in a row that is 2 dB, 2 dB, and 8 dB. STC enhancement due to the reduced flanking transmission. The partition walls are still flanking transmission after coating gypsum. The magnitude of the transmission side can be shown by the value of Noise Reduction (NR) of each partition. At a frequency of 1000 Hz, The largest NR value at point 2 is 36.19 dB, while the lowest value of NR at point 3 is 32,90 dB. So the source room can be measuring the material under 32.90 dB at a frequency of 1000 Hz.*

**Kata kunci** : Gypsum Board, Transmission Loss, Sound Transmission Class, Flanking Transmission,

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh*

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat, dan petunjuk-Nya Serta nikmat iman, islam, dan ikhsan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari zaman *jahiliyah* menuju zaman *Islamiyah* seperti saat ini.

Tugas Akhir (TA) ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

### **“Peningkatan Kinerja Ruang Sumber Terisolasi Dengan Metode Pelapisan *Gypsum Board* Sebagai Alat Uji Rugi Transmisi (TL) Berdasarkan Standar ASTM E-413”**

Penulis persembahkan kepada seluruh Rakyat Indonesia untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi serta memecahkan permasalahan Rakyat yang ada.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil sampai dewasa.
2. Mbak Roro, Dek Latifa, dan dek Galih yang selalu mendoakan dan mendukung segala keputusan penulis.
3. Bapak Ali Yunus Rohedi dan Bapak Ir. Didiek Basuki Rahmat sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan, masukan dan arahan yang membangun bagi penulis.

4. Bapak Drs. Bachtera Indarto, M.Si dan Ibu Susilo Indrawati, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
5. Kepada teman-teman Fisika ITS 2011 yang telah menemani perjalanan penulis selama menjalani studi di Fisika FMIPA ITS.
6. Kepada teman sekaligus sahabat saya Fajar Timur yang selalu ada dan selalu membantu dan mengajari saya ketika kesulitan.
7. Kepada rekan-rekan Laboratorium Akustik, Mas Tri, Putri, Ayu Sholah, Adis Dodot yang banyak membantu dalam proses pengambilan serta pengolahan data.
8. Kepada teman-teman Kabinet BEM FMIPA ITS GUYUB yang telah memberi tempat saya berkontribusi.
9. Kepada Pemandu FMIPA ITS khususnya Ekspresix yang telah banyak mengajari saya.
10. Agustin Leny Putri yang selalu menemani ketika pengambilan dan pembuatan Laporan Tugas Akhir.
11. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Taka da gading yang tak retak, tak ada sesuatu yang sempurna. Begitupula tulisan yang dibuat penulis ini. Jika ada salah dari penulis, penulis pribadi memohon maaf seikhlasnya.

Amiin Ya Rabbal Alamiin. *Akhirul kalam,*

*Wassalamu 'alaikum Warohmatullahi wabarkaatu.*

Surabaya, Juli 2015

Penulis  
aziznugrohoits@gmail.com

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>COVER PAGE .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Perilaku Bunyi.....	5
2.1.1 Absorpsi (penyerapan).....	6
2.1.2 Refleksi (pemantulan).....	7



2.1.3 Difusi Bunyi.....	7
2.2 Insulasi Bunyi.....	8
2.2.1 <i>Noise Reduction</i> (NR).....	8
2.2.2 <i>Insertion Loss</i> (IL).....	9
2.2.3 <i>Transmission Loss</i> (TL).....	10
2.3 Transmisi Sisi( <i>Flanking Transmission</i> ) .....	11
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi <i>Transmission Loss</i> (TL).....	13
2.5 <i>Sound Transmission Class</i> (STC).....	14
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	19
3.1 Tahap-tahap Penelitian .....	19
3.2 Studi Literatur dan Pengenalan Alat.....	20
3.2.1 Ruang Sumber dan Ruang Pendengar .....	20
3.2.2 Laptop dan Perangkat Lunak Y-Mec.....	21
3.2.3 SLM dan Kalibrator.....	23
3.2.4 Bahan uji.....	24
3.2.5 Peralatan Penunjang.....	24
3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data .....	24
3.3.1 Pengambilan Data.....	24
3.3.2 Pengolahan Data .....	26
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	29
4.1 <i>Background Noise</i> .....	29
4.2 Hasil Pengukuran <i>Transmission Loss</i> (TL).....	30
4.2.1 Hasil Perhitungan TL sebelum perbaikan ruang sumber .....	30
4.2.2 Hasil perhitungan TL setelah perbaikan ruang sumber .....	34
4.2.3 Perbandingan TL Sebelum dan Setelah Perbaikan ....	37
4.3 Perbandingan STC Sebelum dan Setelah Perbaikan .....	38
4.4 Nilai NR Pada Ruang Sumber.....	40
4.5 Perbandingan Nilai SPL Dengan dan Tanpa sumber suara .....	43

<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>97</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi nilai STC .....	15
Tabel 2.2 Cara menentukan besarnya dB pada tiap frekuensi STC .....	16
Tabel 4.1 Data tingkat bising sekitar (background noise) .....	29
Tabel 4.2 Hasil pengukuran SPL setelah perbaikan ruang sumber .....	31
Tabel 4.3 Nilai TL sebelum perbaikan ruang sumber .....	32
Tabel 4.4 Hasil pengukuran SPL setelah perbaikan ruang sumber .....	34
Tabel 4.5 Nilai TL setelah perbaikan ruang sumber .....	36
Tabel 4.6 Tabel Sound Transmission Class.....	39
Tabel 4.7 Hasil pengukuran SPL didalam dan diluar ruang sumber .....	41
Tabel 4.8 Nilai NR pada masing-masing titik .....	41
Tabel 4.9 Hasil pengukuran SPL sebelum dan setelah menggunakan sumber .....	43
Tabel 4.10 $\Delta$ SPL sebelum dan setelah sumber disetiap titik.....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perilaku bunyi yang mengenai bidang batas .....	6
Gambar 2.2 Perbedaan tingkat tekanan bunyi di ruang penerima tanpa (a) dan dengan partisi (b).....	9
Gambar 2.3 Transmisi bunyi lewat partisi .....	10
Gambar 2.4 Perambatan gelombang bunyi antar ruang sumber ke ruang penerima .....	12
Gambar 2.5 Kurva STC - 25.....	17
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian .....	19
Gambar 3.2 Ruang sumber yang digunakan.....	20
Gambar 3.3 Signal generator dan <i>realtime analyzer</i> . ....	21
Gambar 3.4 <i>FFT analyzer</i> . ....	22
Gambar 3.5 <i>Impulse respons</i> pada aplikasi <i>realtime analyzer</i> . ....	22
Gambar 3.6 Tampilan Pada <i>sound analyzer</i> .....	23
Gambar 3.7 SLM Rion NL-20 dan Pistonphone .....	23
Gambar 3.8 Bahan yang digunakan untuk uji rui tansmisi.....	24
Gambar 3.9 Rangkaian Percobaan . ....	25
Gambar 3.10 Rangkaian percobaan <i>Noise Reduction (NR)</i> pada sisi ruang sumber.....	26
Gambar 4.1 Grafik TL sebelum perbaikan ruang sumber .....	33

Gambar 4.2 Ruang sumber setelah perbaikan .....	34
Gambar 4.3 Grafik TL setelah perbaikan ruang sumber.. .....	37
Gambar 4.4 Grafik TL bahan 3 sebelum dan setelah perbaikan.....	38
Gambar 4.5 Nilai NR disetiap titik.....	42
Gambar 4.6 Diagram $\Delta$ SPL sebelum dan setelah adanya sumber bunyi.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN A</b>	Hubungan Matematis TL dengan NR.....	51
<b>LAMPIRAN B</b>	Data Percobaan .....	57
<b>LAMPIRAN C</b>	Perhitungan <i>Transmission Loss</i> (TL) .....	93

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Akustik ruang merupakan suatu hal yang berhubungan dengan masalah kenyamanan dalam ruang yang berkaitan dengan bunyi. Banyak faktor yang mempengaruhi kenyamanan akustik ruang, salah satunya adalah rugi transmisi. Ruang dikatakan baik jika memiliki nilai rugi transmisi yang besar. Semakin besar nilai rugi transmisi maka kemampuan untuk mengisolasi bunyi semakin baik. Nilai rugi transmisi dinyatakan dalam besar *Transmission Loss* (TL).

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Tjipto (1992) dihasilkan bahwa efek transmisi sisi (*Flanking Transmission*) sangat berpengaruh pada nilai isolasi suatu partisi dan sumur persegi yang digunakan dalam percobaan kurang begitu memberikan hasil yang baik jika digunakan untuk partisi yang tipis dan lentur. Diwaktu yang berbeda dilakukan penelitian lanjutan oleh Suyatno (2000) yang didapatkan hasil bahwa transmisi sisi yang dihasilkan sumur persegi adalah kecil. Sumur yang ada hanya dapat mengukur STC (*Sound Transmission Class*) bahan yang memiliki harga TL lebih kecil dari 2 lembar *gypsum*. Dan dilakukan penelitian kembali oleh Masrur (2012) untuk mengukur bahan polikarbonat dan menghasilkan kesimpulan Penambahan ketebalan partisi dari bahan polikarbonat maupun bahan polipropilin membuat nilai TL bertambah besar sebesar 5 – 6 dB pada frekuensi tinggi yaitu 1000 – 4000 Hz. Nilai rugi transmisi (TL) bahan polikarbonat lebih besar dibandingkan dengan nilai rugi transmisi (TL) bahan polipropilin.

Berdasarkan hasil penelitian diatas maka dilakukan penelitian lebih lanjut untuk peningkatan kinerja ruang isolasi

berbentuk kubus sebagai alat uji rugi transmisi atau TL (*transmission loss*) dengan menambahkan bahan pelapis berupa *gypsum board* dengan ketebalan 12 mm pada dinding ruang sumber sehingga kemampuan uji bahan melebihi hasil yang pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengukur nilai STC dan membandingkan nilai STC dari variasi bahan yang digunakan dalam penelitian.
2. Bagaimana cara memperbesar daya isolasi pada ruang sumber terisolasi berbentuk kubus dan menganalisis hasil pengukuran NR (*Noise Reduction*) yang didapatkan setelah perbaikan ruang sumber.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi 1/3 pita oktaf untuk data STC dan 1 pita oktaf untuk data NR 125 – 4000 Hz.
2. Standar yang digunakan adalah ASTM E-413
3. Panel yang digunakan adalah *gypsum board* 12 mm jaya *board*.
4. Ruang penerima yang digunakan adalah Laboratorium Akustik G-108.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Membandingkan STC (*Sound Transmission Class*) 1 lapis *gypsum board* 12 mm, *double gypsum board* 12 mm, dan partisi berlapis *double gypsum* 12 mm – *rockwool* – *double gypsum* 12 mm rangka kayu 11 cm sebelum dan setelah perbaikan ruang sumber.



2. Menganalisis NR (*Noise Reduction*) pada sisi ruang sumber terisolasi berbentuk kubus setelah pelapisan *gypsum board* 12 mm.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai *instrument* penguji nilai TL (*Transmission Loss*) suatu bahan dalam penelitian dibidang akustik bahan.

### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu :

Bab 1: Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir.

Bab 2: Tinjauan Pustaka

Berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir.

Bab 3: Metodologi Penelitian

Berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.

Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan

Berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan.

Bab 5: Kesimpulan

Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perilaku Bunyi

Bunyi pada dasarnya memiliki dua definisi yaitu secara fisis dan secara fisiologis. Bunyi secara fisis didefinisikan “penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik yaitu udara”. Bunyi secara fisiologis dapat didefinisikan “sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis saat terjadi pergeseran partikel dalam medium elastik yaitu udara”. Telinga normal seseorang dapat mendengar bunyi pada jangkauan sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz. Seperti definisi bunyi secara fisis, bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia pada frekuensi 1000 Hz tekanannya harus berada pada selang 20  $\mu$ Pa sampai sekitar 100 Pa. Di luar jangkauan tekanan tersebut bunyi tidak dapat ditangkap oleh telinga dikarenakan akan menimbulkan rasa sakit pada telinga manusia. Dari penjelasan tersebut, berarti terdapat selang sebesar  $10^7$  Pa. Karena selang tersebut sangat lebar maka dipikirkanlah skala lain untuk menyatakan tekanan bunyi yang diukur dalam skala logaritmis yang disebut tingkat tekanan bunyi atau SPL (*Sound Pressure Level*).

Nilai SPL ini adalah nilai logaritmik dari tekanan bunyi yang diukur relatif terhadap tekanan bunyi referensinya, secara matematis dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut (Prasetyo, 2003) :

$$SPL = 20 \log \frac{P}{P_{ac}} \text{ dB} \quad (2.1)$$

atau

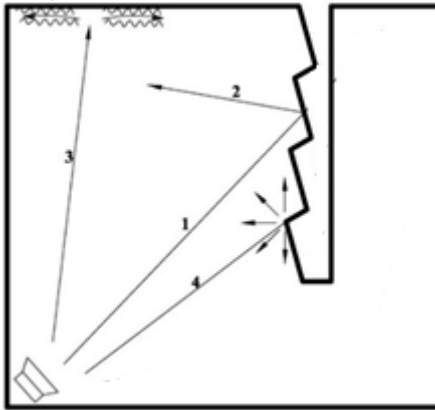
$$SPL = 10 \log \frac{P^2}{P_{ac}^2} \text{ dB} \quad (2.2)$$

Dengan :

SPL : Tingkat tekanan bunyi (dB),

$P$  : Tekanan bunyi yang diukur (Pa),  
 $P_{ac}$  : Tekanan bunyi acuan yang besarnya  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa,  
 yaitu besarnya tekanan bunyi terlemah berfrekuensi 1000 Hz yang masih dapat didengar telinga manusia pada umumnya.

Gelombang bunyi memiliki sifat yang hampir sama dengan gelombang cahaya, yaitu dapat memantul sesuai Hukum Snellius ketika melewati bidang datar dan memantul tidak beraturan bila mengenai objek dengan permukaan tidak teratur, serta terserap dan diteruskan atau ditransmisikan saat mengenai objek yang terbuat dari material tertentu. Ketika mengenai objek yang memiliki celah, gelombang cahaya maupun bunyi akan berusaha menerobosnya. Perilaku bunyi ketika mengenai objek tersebut lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Leslie, 1972):



**Gambar 2.1** Perilaku bunyi yang mengenai bidang batas

### 2.1.1 Absorpsi (penyerapan)

Efisiensi penyerapan bunyi pada frekuensi tertentu disebut koefisien penyerapan bunyi. Koefisien penyerapan bunyi adalah bagian dari energi gelombang bunyi yang diserap atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisien ini dinyatakan dalam huruf  $\alpha$  (*alfa*) yang bernilai antara 0-1. Contoh pada 500 Hz bila bahan akustik menyerap 65% dari energi bunyi datang

dan memantulkan 35% energi bunyi tersebut, maka koefisien penyerapan bunyi bahan ini adalah 0,65. Nilai koefisien penyerapan bunyi bergantung pada frekuensi. Dengan kata lain ada kemungkinan terdapat perbedaan nilai koefisien penyerapan suatu bahan di tiap frekuensi (Leslie, 1972).

### **2.1.2 Refleksi (pemantulan)**

Permukaan yang keras, tegar, dan rata seperti beton, bata, batu, plester, atau gelas, memantulkan hampir semua energi bunyi yang jatuh padanya. Gejala pemantulan bunyi ini hampir sama dengan pemantulan cahaya, (gelombang bunyi 2 pada Gambar 2.2) karena bunyi datang dan pantul terletak dalam bidang datar sama dan sudut gelombang bunyi datang sama dengan sudut gelombang bunyi pantul (hukum Snellius). Pemantulan bunyi hanya berlaku jika panjang gelombang bunyi lebih kecil dari ukuran permukaan pemantul. Ini berarti bahwa penggunaan harus diperkirakan dengan cermat untuk bunyi dengan frekuensi rendah.

Permukaan pemantul cembung cenderung menyebarkan gelombang bunyi dan permukaan pemantul cekung cenderung mengumpulkan gelombang bunyi pantul dalam ruangan (Leslie, 1972).

### **2.1.3 Difusi Bunyi**

Bila tekanan bunyi di setiap bagian suatu auditorium sama dan gelombang bunyi dapat merambat ke segala arah, maka medan bunyi dikatakan serba sama. Dengan kata lain terjadi difusi bunyi atau persebaran bunyi di dalam ruang (gelombang bunyi 4 dalam Gambar 2.2). Difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruangan tertentu seperti ruang konser, studio radio dan rekaman, karena ruang-ruang tersebut membutuhkan distribusi bunyi yang merata, mengutamakan kualitas dan pembicaraan aslinya, dan menghalangi terjadinya efek akustik yang tidak diinginkan. Difusi bunyi dapat diciptakan dengan beberapa cara:

1. Pemakaian permukaan dan elemen penyebar yang tidak teratur dalam jumlah yang banyak seperti pilaster, pier, balok-balok, langit-langit yang terkotak-kotak, pagar balkon yang dipahat dan dinding yang bergerigi
2. Penggunaan lapisan permukaan pemantul bunyi dan penyerap bunyi secara bergantian
3. Distribusi lapisan penyerap bunyi yang berbeda secara tidak teratur dan acak

Harus diingat bahwa ukuran keseluruhan dari permukaan yang menonjol dan ukuran dari tampilan lapisan penyerap harus lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang bunyi dalam seluruh jangkauan frekuensi audio (Leslie, 1972).

## 2.2 Insulasi Bunyi

Ketika terdapat dua ruangan dibatasi dinding yang salah satunya terdapat sumber bunyi, maka ruangan yang lain akan menerima tekanan bunyi tersebut berbeda dengan ruangan dimana sumber bunyi berada. Pengurangan tingkat tekanan bunyi tersebut adalah dampak dari insulasi bunyi. Ada beberapa macam insulasi bunyi, antara lain sebagai berikut:

### 2.2.1 Noise Reduction (NR)

Reduksi bising atau dikenal *noise reduction* (NR) menyatakan insulasi bunyi antara ruang-ruang karena ikut memperhitungkan efek berbagai jejak transmisi antar ruang sumber dan ruang pendengar dan juga sifat akustik ruangan tersebut (Leslie, 1972). NR juga dapat dinyatakan sebagai perbedaan SPL antara ruang sumber dan ruang pendengar saat partisi telah dipasang.

Nilai NR dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut (Leslie, 1972) :

$$NR = L_s' - L_p' \quad (2.3)$$

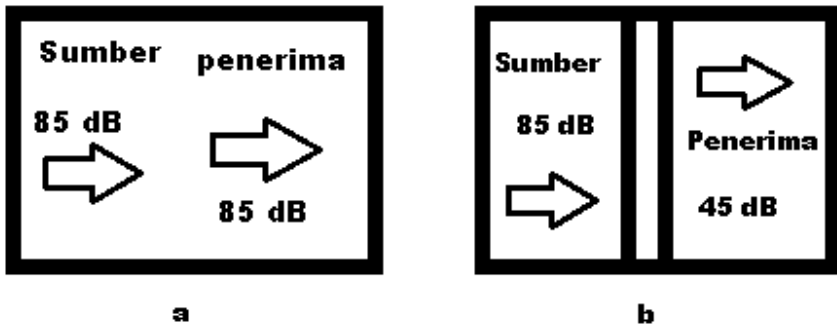
Dengan:

$L_s'$  = tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang sumber (dB),

$L_p'$  = tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang pendengar (dB).

### 2.2.2 Insertion Loss(IL)

Besaran lain yang sering digunakan untuk menyatakan daya isolasi bahan adalah *Insertion Loss* (IL) yang dapat di ilustrasikan melalui gambar 2.4 berikut :



**Gambar 2.2** Perbedaan tingkat tekanan bunyi diruang penerima tanpa (a) dan dengan partisi (b)

Terlihat pada Gambar 2.4 terdapat 2 (dua) keadaan ruang. Pada Gambar 2.4 (a) tidak diberi partisi, sedangkan pada Gambar 2.4 (b) diberi partisi. Pada saat sumber bunyi dinyalakan terdapat perbedaan tingkat tekanan bunyi di ruang penerima. Di ruang penerima gambar (a) dan (b) yang awal mulanya 85 dB menjadi 45 dB setelah diberi partisi. Hal ini terjadi karena adanya partisi. Selanjutnya ditentukan *Insertion Loss* (IL) sebagai :

$$IL = SPL_a - SPL_b \quad (2.4)$$

Dengan :

IL = *Insertion loss* (dB),

SPL A = Tingkat tekanan bunyi di ruang penerima,

SPL B = Tingkat tekanan bunyi di ruang penerima setelah partisi.

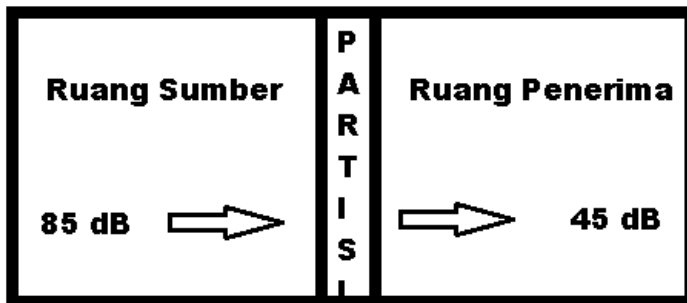
Secara sederhana dapat dikatakan bahwa *Insertion Loss* adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan seberapa baik sebuah partisi mengurangi kebisingan bunyi (Armen, 2013).

### 2.2.3 *Transmission Loss* (TL)

Faktor yang dinilai pada karakteristik suatu bahan akustik adalah nilai *Transmission Loss* (TL) material akustik, yaitu kemampuan bahan untuk tidak meneruskan bunyi atau mengisolasi bunyi dari suatu ruang sumber bunyi ke ruang penerima di sebelahnya. Oleh karena itu, untuk dapat mengisolasi bunyi dibutuhkan bahan yang memiliki *Transmission Loss* (TL) tinggi.

Besarnya koefien transmisi ( $\tau$ ) berkisar 0 dan 1. Sebagai contoh, bahan dengan  $\tau = 0,2$  akan mentransmisikan 20% energi bunyi yang melalui bahan tersebut. Jika  $\tau = 0$  berarti tidak ada energi yang ditransmisikan atau bisa dikatakan terisolasi dan sebaliknya  $\tau = 1$  berarti seluruh energi bunyi yang datang padanya akan ditransmisikan.

*Transmission Loss* (TL) atau rugi transmisi bunyi menyatakan besarnya energi yang hilang karena gelombang bunyi melewati suatu partisi (Hemond, 1983) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2. 3** Transmisi bunyi lewat partisi



Pada Gambar 2.3 terlihat terjadinya pengurangan tingkat tekanan bunyi dari 85 dB menjadi 45 dB. Pengurangan ini terjadi karena bahan partisi mengubah energi bunyi menjadi bentuk energi lainnya. Dengan adanya proses perubahan tersebut, maka yang tersaring dan keluar menjadi energi bunyi lagi hanya sebagian.

Pengukuran TL di laboratorium harus dilakukan sesuai *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Metode yang disarankan adalah suatu panel partisi yang menggambarkan sebuah dinding atau lantai dalam testing ini harus cukup besar dan biasanya dipasang dalam kerangka percobaan yang diletakkan dalam suatu bukaan antar dua ruang percobaan (dengung) menyerupai konstruksi sesungguhnya. Pengukuran TL dibuat pada beberapa frekuensi antara 125 Hz sampai 4000 Hz. Secara matematis, nilai TL dapat dihitung dengan persamaan (Prasetyo,1993):

$$TL = NR + 10 \log s + 10 \log A_2 \quad (2.5)$$

Dengan:

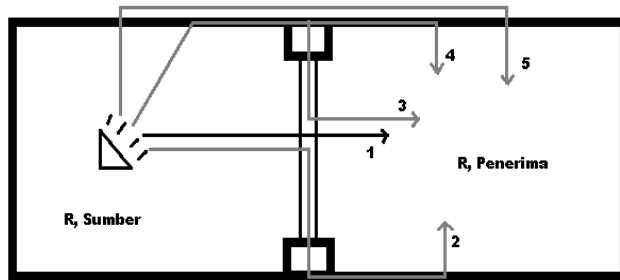
$NR$  = Noise Reduction(NR)

$S$  = luas partisi ( $m^2$ ),

$A_2$  = penyerapan total di ruang pendengar ( $m^2$  Sabine).

### 2.3 Transmisi Sisi (*Flanking Transmission*)

Bunyi yang dihasilkan di ruang sumber dapat merambat menuju ruang pendengar melalui setiap sisi dari ruangan terutama melewati partisi antar ruang. Proses perambatan gelombang bunyi selain melalui partisi ini dinamakan transmisi sisi atau *flanking transmission*. Gambar 2.4 merupakan gambar kemungkinan perambatan gelombang bunyi dari ruang sumber ke ruang pendengar:



**Gambar 2. 4** Perambatan gelombang bunyi antar ruang sumber ke ruang penerima

Lintasan (1) transmisi langsung melalui partisi

Lintasan (2), (3), (4), (5) transmisi sisi

Dalam Gambar 2.3 tampak gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi di ruang sumber merambat menuju ruang pendengar melalui 5 kemungkinan lintasan, yaitu:

- Lintasan 1. Bunyi yang ditransmisikan secara langsung dari ruang sumber ke ruang pendengar melalui partisi. Dalam hal ini besarnya energi yang sampai di ruang pendengar adalah energi datang dikurangi energi yang diabsorpsi oleh partisi.
- Lintasan 2. Bunyi yang mengenai partisi dirambatkan lewat dinding dan lantai, kemudian diradiasikan oleh dinding dan lantai diradiasikan menuju ke ruang pendengar.
- Lintasan 3. Bunyi yang mengenai langit-langit ditransmisikan dan sebagian dirambatkan kembali menuju partisi, baru dari partisi diradiasikan menuju ruang pendengar.
- Lintasan 4. Bunyi yang mengenai langit-langit dirambatkan lewat langit-langit kemudian diradiasikan ke ruang pendengar.
- Lintasan 5. Bunyi yang mengenai langit-langit akan ditransmisikan ke rongga atas langit-langit kemudian bunyi hasil transmisi tersebut ada kemungkinan masuk kembali ke ruang pendengar setelah mengalami absorpsi oleh langit-langit untuk yang kedua kalinya.

Dari kelima kemungkinan transmisi gelombang dari ruang sumber ke ruang pendengar tersebut, lintasan 2, 3, 4, dan 5 merupakan transmisi sisi (*flanking transmission*), sedangkan lintasan 1 merupakan transmisi langsung. Akibat dari transmisi sisi adalah meningkatnya tingkat tekanan bunyi di ruang pendengar. Hal ini menyebabkan nilai TL menjadi seakan-akan lebih kecil dari nilai TL yang didapatkan dari pengukuran standar.

Pada pengukuran standar ruang sumber dan ruang penerima dibuat sedemikian rupa sehingga tidak ada transmisi sisi, dan bunyi dari ruang sumber merambat ke ruang penerima hanya melewati partisi (Suyatno, 2000).

## **2.4 Faktor yang mempengaruhi *transmission loss* (TL)**

Isolasi suara dihitung sebagai rugi transmisi (*Transmission Loss*, TL) dimana hal ini berkaitan dengan berapa banyak energi suara berkurang saat gelombang suara bertansmisi mengenai bahan sehingga suara dapat dicegah melewati bahan pembatas. Satuan dari rugi transmisi adalah desibel, dB. Isolasi suara lebih berkaitan dengan faktor pengurangan suara (*noise reduction*). Bahan yang memiliki *transmission loss* yang tinggi adalah yang tebal, berat, dan masif (Mediastika, 2008).

Berdasarkan hukum fisika, rugi transmisi dan absorpsi suara adalah dua hal yang berbeda. Bahan yang baik sebagai isolator biasanya kurang bagus sebagai penyerap atau absorpsi suara, begitu pula sebaliknya (Bucur, 2006). Setiap bahan memiliki daya isolasi yang berbeda-beda. Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi daya isolasi sebuah bahan.

### **a. Berat**

Objek yang terbuat dari material yang berat akan menjadi insulator yang lebih baik dibandingkan dengan objek yang terbuat dari material ringan. Apabila gelombang bunyi menumbuk suatu permukaan maka gelombang bunyi akan menggetarkan permukaan tersebut. Semakin ringan massa sebuah bahan yang mengenai gelombang bunyi, maka akan semakin mudah bagi gelombang bunyi untuk menggetarkan permukaan bahan tersebut.

Dan sebaliknya, semakin besar massa sebuah bahan yang terkena gelombang bunyi, maka akan semakin kecil getaran yang disebabkan oleh gelombang bunyi sehingga semakin kecil pula kemungkinan gelombang bunyi yang diteruskan.

**b. Ketebalan**

Ketebalan akan berpengaruh pada daya isolasi sebuah bahan. Semakin tebal permukaan sebuah bahan, semakin kecil kemungkinan gelombang bunyi untuk diteruskan. Oleh karena itu, semakin tebal permukaan sebuah bahan, maka akan semakin meningkatkan kinerja bahan tersebut untuk mengisolasi bunyi.

**c. Kualitas Bahan**

Objek yang terbuat dari bahan dengan kualitas yang baik akan memberikan daya isolasi yang lebih baik. Kualitas bahan bergantung pada kerapatan bahan (dalam artian tidak ada banyak pori-pori atau retak) serta keseragaman bahan di setiap permukaan. Keutuhan sebuah bahan akan sangat mempengaruhi daya isolasi sebuah bahan. Jika terdapat cacat berupa celah / lubang pada bahan tersebut maka dengan mudah bunyi melewati bahan tersebut sehingga mengurangi kemampuan bahan untuk mengisolasi bunyi

## **2.5 Sound transmission class (STC)**

Ada suatu pengklasifikasian nilai *Transmission Loss* (TL) ke dalam standar tertentu, yaitu STC (*Sound Transmission Class*). Semakin tinggi nilai STC suatu material maka semakin baik kemampuan kontruksi material tersebut dalam mereduksi kebisingan. STC adalah bilangan tunggal yang digunakan untuk menilai suatu sistem akustik yaitu dengan menyatakan kemampuan mereduksi bising dari suatu kontruksi struktur material pada nilai frekuensi yang berbeda-beda. Penentuan nilai STC ini telah ditetapkan dalam suatu harga standar yang mengacu pada standar ASTM E-413 “*Classification for Rating Sound Insulation*“. Nilai STC suatu material ditentukan dengan membandingkan grafik TL pengukuran dengan kontur acuan standar STC yaitu dengan

menggeser kontur STC secara vertikal relatif terhadap kurva TL hingga didapat posisi kontur STC paling tinggi yang dapat dicapai terhadap kurva TL dengan mengikuti ketentuan berikut:

1. Jumlah penyimpangan dibawah kontur STC tidak melebihi atau sama dengan 32 dB.
2. Penyimpangan maksimum pada tiap frekuensi percobaan tunggal tidak melebihi 8 dB.
3. Nilai STC dibaca pada frekuensi kontur STC 500 Hz.

Semakin tinggi nilai *Transmission Loss* (TL), semakin bagus bahan tersebut dalam mereduksi suara. *Sound Transmission Class* (STC) adalah kemampuan rata-rata *Transmission Loss* (TL) suatu bahan dalam mereduksi suara dari berbagai frekuensi. Semakin tinggi nilai STC, semakin bagus bahan tersebut dalam mereduksi suara. Untuk memudahkan dalam menentukan besarnya penyekatan suara maka didefinisikan suatu besaran angka tunggal *Sound Transmission Class* yang dilakukan dari pengukuran TL dengan filter 1/3 oktaf pada rentang frekuensi 125 Hz s.d. 4000 Hz. Nilai STC ditetapkan berdasarkan baku mutu ASTM E 413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation* yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Tabel 2.1 merupakan deskripsi dari nilai STC (Irwan, 2013):

**Tabel 2.1** Klasifikasi nilai STC

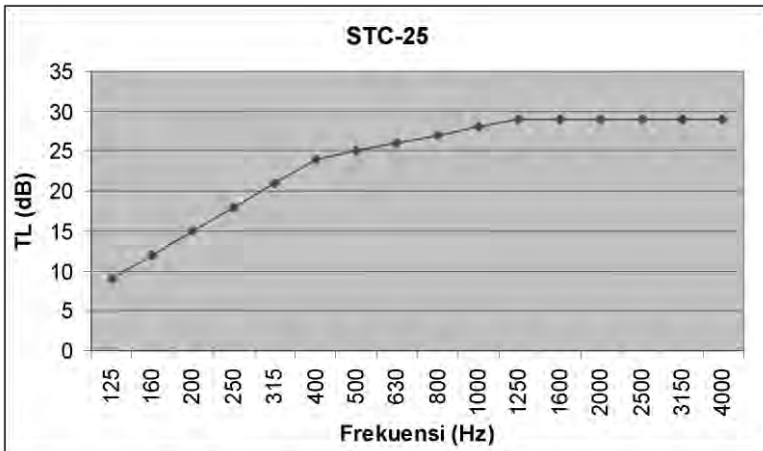
50 – 60 dB	Sangat Bagus Sekali : Suara keras terdengar lemah / tidak sama sekali
40 – 50 dB	Sangat Bagus : Suara keras terdengar lemah
35 – 40 dB	Bagus : Suara keras terdengar, tetapi harus lebih didengarkan
30 – 35 dB	Cukup : Suara keras cukup terdengar
25 – 30 dB	Buruk : Suara normal mudah / jelas didengar
20 – 25 dB	Sangat Jelek : Suara pelan dapat terdengar

Pola kurva STC-N (dengan N bilangan bulat positif) dan contoh STC-25 adalah sebagaimana pada tabel 2.2 :

**Tabel 2.2** Cara menentukan besarnya dB pada tiap frekuensi STC

$f(\text{Hz})$	$TL$ referensi (dB)	
	$STC-N$	$STC-25$
125	$N - 16$	9
160	$N - 13$	12
200	$N - 10$	15
250	$N - 7$	18
315	$N - 4$	21
400	$N - 1$	24
500	$N$	25
630	$N + 1$	26
800	$N + 2$	27
1000	$N + 3$	28
1250	$N + 4$	29
1600	$N + 4$	29
2000	$N + 4$	29
2500	$N + 4$	29
3150	$N + 4$	29
4000	$N + 4$	29

Jika digambarkan, kurva STC-25 adalah sebagaimana pada Gambar 2.5 :



**Gambar 2.5** Kurva STC-25

Kurva STC standar terdiri dari nilai-nilai TL referensi untuk setiap frekuensi, yang nilainya tergantung dari nilai TL referensi pada frekuensi 500 Hz, menurut pola pada tabel di bawah ini. Penamaan kurva STC diambil dari nilai TL referensi pada frekuensi 500 Hz.

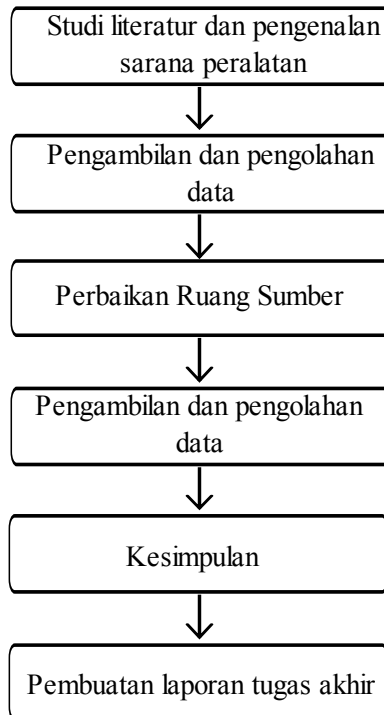
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Tahap-tahap Penelitian

Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengukuran nilai rugi transmisi ( $TL$ ) suatu bahan dengan metode sederhana yaitu pengukuran tingkat bunyi ruang sumber dan ruang pendengar. Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan ditampilkan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram alir metodologi penelitian

### 3.2 Studi Literatur dan Pengenalan Alat

Studi literature dilakukan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan materi untuk menunjang pengerjaan Tugas Akhir ini. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menunjang Tugas akhir ini antara lain waktu dengung, *Transmission Loss* (TL), dan Insulasi Suara. Selain itu, ada beberapa hal lain yang perlu diperhatikan antara lain sifat-sifat bunyi serta kriteria ruang isolasi yang diinginkan. Tahap pengenalan peralatan membahas fungsi dan karakteristik peralatan yang digunakan dalam penelitian. Berikut peralatan yang digunakan dalam penelitian ini :

#### 3.2.1 Ruang Sumber dan Ruang Pendengar

Dalam tugas akhir ini, ruang sumber yang akan digunakan adalah ruang sumber berbentuk kubus yang terletak di Laboratorium Instrumentasi Akustik G-108 Jurusan Fisika FMIPA ITS. Ruang sumber didesain reflektif dengan tujuan untuk menimbulkan pemantulan difus. Dinding sumur yang lain terbuat dari *Gypsum* dengan ketebalan berkisar 4 hingga 5 cm sehingga bunyi yang keluar atau bocor dari dinding tersebut kecil. Volume di dalam ruang sumber adalah  $0,97 \text{ m}^3$ .

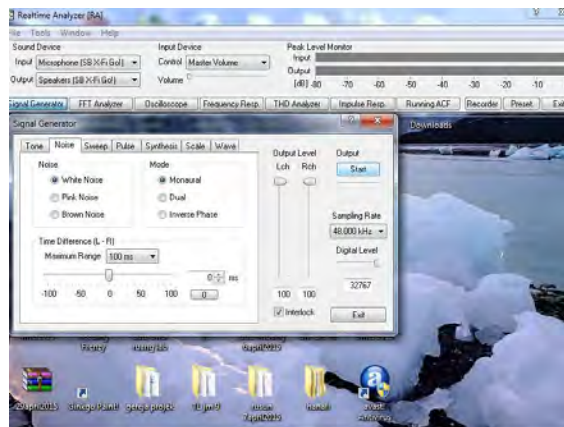


**Gambar 3.2** Ruang sumber yang digunakan

Ruang sumber ini berada di dalam ruang pendengar yaitu Laboratorium instrument akustik G-108 Jurusan Fisika, FMIPA ITS. Volume pendengar tersebut adalah sekitar  $157,61 \text{ m}^3$  dan luas permukaannya sekitar  $181,22 \text{ m}^2$ .

### 3.2.2 Laptop dan perangkat lunak Y-Mec

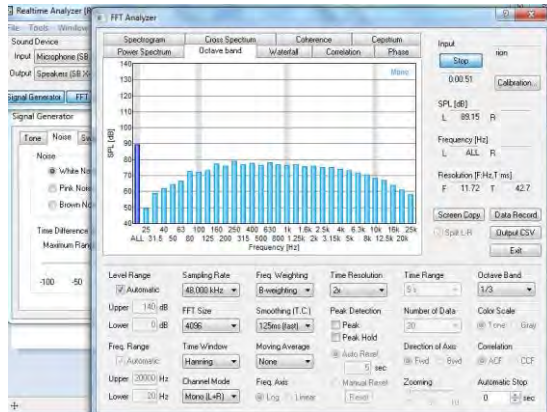
*Yoshimasa Electronic* (Y-Mec) merupakan perangkat lunak yang didalamnya memiliki berbagai aplikasi misalnya *Realtime Analyzer*. Pada *Realtime Analyzer* terdapat tool-tool yang salah satunya yaitu *Signal Generator*, *FFT Analyzer* dan *Impulse Respons*. *Signal generator* digunakan sebagai pembangkit sumber bunyi berupa *White Noise* yang ditampilkan pada Gambar 3.3.



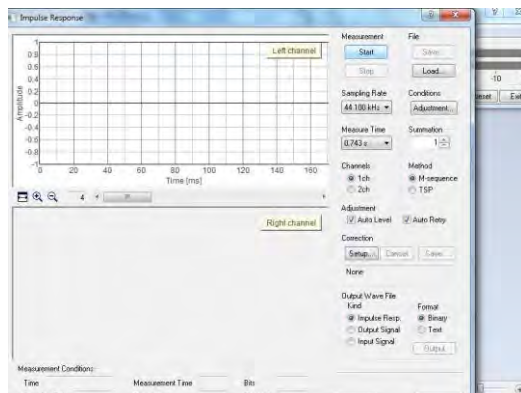
**Gambar 3.3** Signal generator dan *realtime analyzer*

*Tool* lain yang digunakan adalah *signal generator*, digunakan juga *tool FFT Analyzer*. *Tool* ini digunakan sebagai pengolah data. Selain itu *tool FFT Analyzer* juga digunakan untuk mengkalibrasi SLM saat dihubungkan dengan perangkat lunak ini. *Tools Impuse respons* digunakan untuk mengukur waktu

dengung baik di ruang sumber maupun ruang pendengar. Berikut tampilan *tool Impulse Respons*.

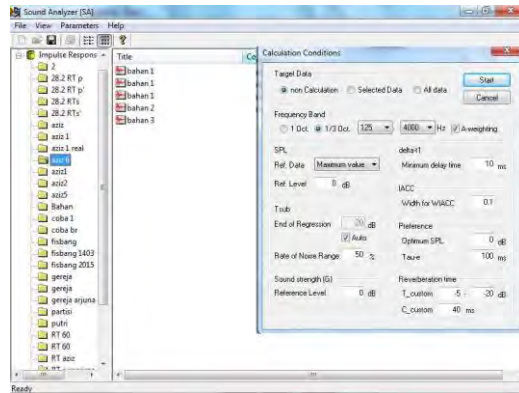


**Gambar 3.4** *FFT analyzer*.



**Gambar 3.5** *Impulse respons* pada aplikasi *realtime analyzer*.

*Sound analyzer* merupakan paket dari *software Y-Mec* yang digunakan untuk membaca hasil dari pengambilan data waktu dengung. Tampilan *sound analyzer* bisa dilihat pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Tampilan pada sound analyzer

### 3.2.3 SLM dan Kalibrator

*Sound Level Meter (SLM)* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan bunyi. SLM yang dipakai dalam penelitian ini ada dua yaitu SLM Rion NL-20. SLM Rion NL 20 digunakan untuk mengukur SPL di ruang sumber, SPL di ruang penerima, dan waktu dengung pada ruang sumber dan ruang pendengar setelah dihubungkan dengan kabel konektor ke laptop yang dihubungkan dengan *sound card* untuk *input* data yang berasal dari SLM Rion NL-20 dan *output* suara yang diinginkan dari *software* Y-Mec.



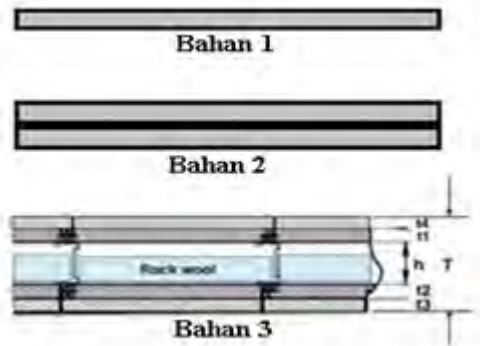
**Gambar 3.7** SLM Rion NL-20 dan Pistonphone

Sebelum menggunakan SLM, perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi SLM dapat digunakan kalibrator yaitu pistonphone. Pada pistonphone ini memiliki karakteristik yaitu pada frekuensi 250 Hz, SPL yang di ukur yaitu 113,9 dB.

### 3.2.4 Bahan Uji

Dalam percobaan ini digunakan 3 bahan sebagai berikut:

- Bahan 1, *gypsum board* 12 mm satu lapis.
- Bahan 2, *gypsum board* 12 mm dua lapis.
- Bahan 3, partisi berlapis yang terdiri dari *gypsum board* 12 mm dua lapis – *rockwool* - *gypsum board* 12 mm dua lapis dengan kerangka kayu setebal 11 cm.



Gambar 3.8 Bahan yang digunakan untuk uji rugi transmisi

### 3.2.5 Peralatan penunjang

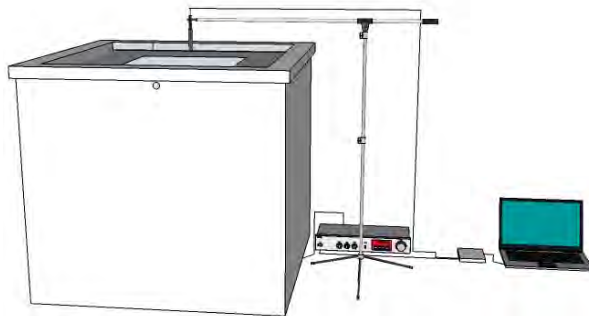
Selain alat-alat yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat peralatan penunjang lainnya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : *amplifier*, *speaker*, platisin, sekrup, lem, kayu, *gypsum board*, *sound card* dan lainnya.

## 3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data

### 3.3.1 Pengambilan Data

Pada penelitian ini dilakukan 2 percobaan yaitu untuk mendapat nilai TL sebelum dan setelah perbaikan dan untuk mendapatkan nilai NR pada sisi ruang sumber.

Pengambilan data percobaan pertama dilakukan menggunakan alat-alat yang telah disebutkan diatas. Langkah pertama yang dilakukan adalah merangkai alat sesuai pada Gambar 3.8. Ada 3 variasi bahan yang digunakan yaitu *gypsum board* 1 lapis, *gypsum board* 2 lapis, dan partisi berlapis dengan rincian *doble gypsum – rockwool - doble gypsum* dengan kerangka kayu. Bahan diletakkan diantara lubang ruang sumber dan *microphone*.



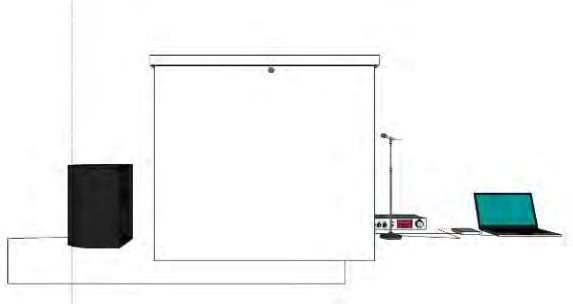
**Gambar 3.9** Rangkaian percobaan

Setelah susunan alat dirangkai seperti pada Gambar 3.8 dan bahan diletakan sesuai posisinya, data diambil menggunakan *software* Y-Mec didalam ruang sumber dan diluar ruang sumber, tepatnya diatas bahan yang diuji.

Selanjutnya diukur waktu dengung menggunakan *tool impuls respons* yang ada pada aplikasi Y-Mec. Dan didapat nilai waktu dengung.

Untuk percobaan kedua adalah mengukur NR pada sisi ruang sumber. Langkah pertama yang dilakukan adalah merangkai alat sesuai pada Gambar 3.9. pengambilan data dilakukan di dalam dan diluar ruang sumber. Data diambil dengan

variasi titik letak *speaker* dan variasi letak SLM yaitu pada 4 sisi pada ruang sumber.



**Gambar 3.10** Rangkaian percobaan *Noise Reduction* (NR) pada sisi ruang sumber

### 3.3.2 Pengolahan Data

Pada percobaan pertama, setelah didapatkan data SPL diruang sumber, SPL diruang penerima, dan Waktu dengung, data diolah dengan menggunakan persamaan 3.1 :

$$TL = L_s' - L_p' + 10 \log s - 10 \log A_2 \quad (3.1)$$

dengan,

$L_s'$  = tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang sumber (dB),

$L_p'$  = tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang pendengar (dB),

$S$  = luas partisi ( $m^2$ ),

$A_2$  = penyerapan total di ruang pendengar ( $m^2$  Sabine).

$A_2$  didapatkan dari persamaan berikut:

$$RT = \frac{0,05 V}{A_2} \quad (3.2)$$

dengan,

$RT$  = Waktu dengung (s),

$V$  = Volume ruang ( $m^3$ ),

$A_2$  = Peyerapan ruang total (sabin meter persegi)



Pengambilan dan pengolahan data dilakukan sebelum dan setelah perbaikan ruang sumber. Hasilnya digunakan untuk mengetahui peningkatan kinerja ruang sumber yang telah diperbaiki.

Untuk percobaan kedua, data diolah menggunakan persamaan 3.3 :

$$NR = L_s' - L_p' \quad (3.3)$$

$L_s'$  = tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang sumber (dB),

$L_p'$  = tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang pendengar (dB).

Dengan NR adalah perbedaan tingkat tekanan bunyi ruang sumber dan ruang penerima. Titik pertama adalah sisi yang berseberangan dengan sisi yang berhimpitan dengan dinding ruang penerima, titik 2 adalah sebelah kiri dari titik 1, titik 3 adalah sebelah kanan dari titik 1, dan titik 4 adalah sisi yang berhimpitan dengan dinding ruang penerima.

Selain itu juga dihitung  $\Delta$ SPL sebelum pemberian sumber dan setelah pemberian sumber untuk mengetahui sisi ruang sumber yang mengalami kebocoran paling besar.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. *Background Noise*

Keadaan *background noise* atau waktu bising latar sangat diperhatikan sebelum pengambilan data. Hal ini berfungsi untuk menentukan besar-kecilnya SPL yang akan digunakan. Setelah mendapatkan nilai *background noise*, SPL pada ruang pendengar bisa ditentukan minimal SPL yang didapat 10 dB lebih besar dari *background noise*. *Background noise* yang didapat pada percobaan ini antara lain:

**Tabel 4.1** Data tingkat bising sekitar (background noise)

Frekuensi (Hz)	<i>Background noise</i> (dB)
125	18.0 - 23.4
160	23.0 - 29.0
200	26.4- 30.6
250	23.4- 29.5
315	23.7 - 28.8
400	26.3 - 31.5
500	29.4- 32.0
630	27.4- 31.2
800	27.0 - 30.1
1000	27.4- 29.2
1250	26.1 - 28.4
1600	24.6 - 27.0
2000	23.6 - 26.2
2500	23.3 - 25.6
3150	23.3 - 25.9
4000	24.0 - 26.7

Dalam setiap ruangan, dirasakan atau tidak, akan selalu ada suara. Hal ini menjadi dasar pengertian tentang adanya bising latar (*background noise*). Bising latar dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Dalam suatu ruangan tertutup maka bising latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrikal di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya. Demikian pula, kebisingan yang datang dari luar ruangan, seperti bising lalu lintas di jalan raya, bising di area parkir kendaraan, dan seterusnya. Bising latar belakang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, akan tetapi dapat dikurangi atau diturunkan melalui serangkaian perlakuan akustik terhadap ruangan.

Bising latar belakang ini selalu ada pada setiap ruangan. Oleh karena itu pengambilan data dilakukan malam hari ketika aktifitas diluar ruangan relative lebih sedikit dibandingkan dengan aktifitas pada waktu lainnya, sehingga waktu latar yang didapat relative lebih kecil dan tidak terlalu mempengaruhi pengambilan data yang dilakukan.

## **4.2 Hasil pengukuran *transmission loss* (TL)**

### **4.2.1 Hasil perhitungan *tl* sebelum perbaikan ruang sumber**

Pengambilan data dilakukan pada malam hari supaya data yang didapat tidak terlalu terpengaruh oleh bising latar sesuai yang dijelaskan pada Subbab 4.1 tentang *background noise*. Waktu pengambilan data diatas pukul 22.30 WIB dengan tujuan untuk menghindari suara yang dihasilkan dari kegiatan sekitar. Ketika terjadi suara yang tidak diinginkan, pengambilan data dihentikan dan diulangi kembali setelah suara yang dihasilkan dari kegiatan sekitar berhenti. Hal ini diperlukan karena ruang penerima yang digunakan tidak *anechoic* sehingga suara latar akan lebih mudah masuk ke dalam ruang penerima dan mempengaruhi pengambilan data. Pada saat peletakan bahan pada lubang diatas ruang sumber, dilakukan pelapisan plastisin untuk

mengurangi transmisi yang melewati lubang. Setelah dilakukan pengukuran, didapat data sebagaimana Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran SPL sebelum perbaikan ruang sumber

frekuensi (Hz)	SPL (dB)	
	Ruang Sumber	Ruang Penerima
125	$73.4 \pm 1.6$	$50.3 \pm 1.7$
160	$78.1 \pm 1.6$	$51.9 \pm 1.0$
200	$90.5 \pm 1.7$	$57.0 \pm 1.4$
250	$83.7 \pm 1.3$	$62.4 \pm 1.6$
315	$86.1 \pm 1.4$	$54.0 \pm 1.9$
400	$92.2 \pm 1.1$	$61.2 \pm 1.4$
500	$89.5 \pm 1.3$	$56.3 \pm 1.2$
630	$90.1 \pm 0.9$	$52.6 \pm 1.4$
800	$99.4 \pm 1.0$	$59.5 \pm 1.1$
1000	$97.6 \pm 1.0$	$56.0 \pm 0.6$
1250	$100.3 \pm 0.7$	$60.2 \pm 0.9$
1600	$98.4 \pm 0.5$	$61.0 \pm 0.6$
2000	$97.0 \pm 0.4$	$59.2 \pm 0.7$
2500	$99.2 \pm 0.4$	$63.6 \pm 0.6$
3150	$99.4 \pm 0.6$	$59.9 \pm 0.3$
4000	$101.9 \pm 0.4$	$58.9 \pm 0.4$

Setelah didapat data diatas maka dilakukan perhitungan dengan Persamaan (2.5) contoh perhitungan pada frekuensi 1000 Hz sebagai berikut:

Diketahui:

$$L_s = 97.6 \text{ dB}$$

$$L_p = 55.99 \text{ dB}$$

$$A_2 = 45.16 \text{ (m}^2 \text{ sabine)}$$

$$S = 0,36 \text{ m}^2$$

Ditanya : TL = ....?

Penyelesaian:

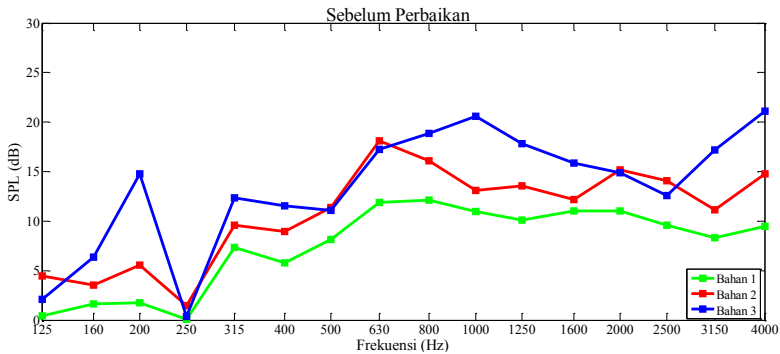
$$\begin{aligned}
 TL &= NR + 10 \log \frac{S}{A_2} \\
 TL &= 41,61 + 10 \log \frac{0,36}{45,16} \\
 &= 20.59 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengolahan untuk semua data, maka didapat data seperti pada lampiran B. Data diolah dengan Persamaan 2.6 dan didapat hasil sebagaimana Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Nilai TL sebelum perbaikan ruang sumber

Freq	Transmission Loss (dB)		
	Bahan 1	Bahan 2	Bahan 3
125 Hz	0.5	4.5	2.1
160 Hz	1.6	3.6	6.4
200 Hz	1.7	5.6	14.8
250 Hz	0.1	1.5	0.4
315 Hz	7.3	9.6	12.4
400 Hz	5.8	9.0	11.6
500 Hz	8.2	11.4	11.1
630 Hz	11.9	18.1	17.3
800 Hz	12.1	16.1	18.9
1000 Hz	11.0	13.1	20.6
1250 Hz	10.1	13.6	17.8
1600 Hz	11.0	12.2	15.9
2000 Hz	11.0	15.2	14.9
2500 Hz	9.6	14.1	12.6
3150 Hz	8.3	11.1	17.2
4000 Hz	9.5	14.8	21.1

Bahan 1 merupakan *gypsum board* 12 mm satu lapis, bahan 2 adalah *double gypsum board* 12 mm, dan bahan 3 adalah partisi berlapis dengan rincian *double gypsum board* 12 mm-*rockwool*- *double gypsum board* dengan kerangka kayu. Dari data diatas dapat diolah menjadi sebuah grafik untuk mempermudah perbandingan fluktuasi antara referensi dan bahan yang digunakan dalam percobaan. Maka didapatkan grafik sebagai berikut:



**Gambar 4.1** Grafik TL sebelum perbaikan ruang sumber

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa pada frekuensi 250 Hz nilai TL mengalami penurunan untuk semua bahan. Lalu nilai TL pada frekuensi 315 Hz meningkat pada semua bahan. Dapat disimpulkan bahwa kinerja ruang sumber untuk frekuensi 250 Hz masih belum sesuai baik. Dan ada kemungkinan pada ruang sumber terjadi transmisi sisi yang besar pada frekuensi 250 Hz.

Jika dilihat perbandingan dari bahan 1 dan bahan 2 pada Gambar 4.1 terlihat memiliki pola yang hampir sama. Dan selisih nilai TL pada setiap frekuensi kurang lebih adalah 3 dB. Hal ini menunjukkan bahwa ketika bahan yang digunakan memiliki 2 lapisan, maka akan terjadi peningkatan TL kurang lebih 3 dB dari nilai TL bahan 1 lapis dengan jenis yang sama.

Pada bahan 3, yaitu partisi berlapis memiliki nilai TL tertinggi. Hal ini disebabkan oleh lapisan partisi yang terdiri dari 2 lapis *gypsum board* pada sisi atas dan bawah, ditambah dengan *rockwool* dan rongga udara diantara dua sisi tersebut. Dari hasil

tersebut disimpulkan bahwa perangkaian partisi seperti bahan 3 akan meningkatkan nilai TL pada frekuensi 800-1600 Hz yang mana rentang frekuensi tersebut adalah frekuensi yang paling peka untuk telinga manusia. Setelah mendapatkan hasil ini maka dilakukan perbaikan pada ruang sumber. Perbaikan meliputi pelapisan sisi menggunakan *Gypsum board* 12 mm pada sisi ruang sumber dan pelapisan pada lubang tempat meletakkan bahan hingga ketinggian  $\pm 13$  cm. Sehingga tampilan ruang sumber menjadi seperti Gambar 4.2 setelah dilakukan perbaikan, dilakukan kembali pengambilan data dari ketiga bahan tersebut.



**Gambar 4.2** Ruang sumber setelah perbaikan

#### 4.2.2 Hasil perhitungan tl setelah perbaikan ruang sumber

Setelah dilakukan perbaikan pada ruang sumber seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, didapat data sebagaimana Tabel 4.4 berikut:

**Tabel 4.4** Hasil pengukuran SPL setelah perbaikan ruang sumber pada bahan 3

frekuensi (Hz)	SPL (dB)	
	Ruang Sumber	Ruang Penerima
125	$63.8 \pm 1.4$	$41.2 \pm 1.7$



160	$69.1 \pm 1.3$	$51.3 \pm 1.6$
200	$86.8 \pm 0.8$	$57.4 \pm 1.4$
250	$80.0 \pm 1.1$	$63.5 \pm 0.9$
315	$83.1 \pm 0.8$	$58.2 \pm 1.5$
400	$84.3 \pm 1.1$	$59.1 \pm 1.1$
500	$83.9 \pm 1.1$	$55.0 \pm 0.9$
630	$85.0 \pm 1.0$	$55.4 \pm 0.8$
800	$96.4 \pm 1.0$	$62.6 \pm 1.0$
1000	$99.3 \pm 0.9$	$67.5 \pm 0.8$
1250	$97.5 \pm 0.7$	$68.8 \pm 0.7$
1600	$98.3 \pm 0.9$	$68.9 \pm 0.7$
2000	$96.2 \pm 0.4$	$66.3 \pm 0.5$
2500	$100.8 \pm 0.6$	$69.0 \pm 0.6$
3150	$102.5 \pm 0.4$	$66.7 \pm 0.4$
4000	$102.5 \pm 0.4$	$66.1 \pm 0.7$

Setelah didapat data diatas maka dilakukan perhitungan dengan Persamaan (2.5) contoh perhitungan pada frekuensi 1000 Hz sebagai berikut:

Diketahui:

$$L_s = 99,28 \text{ dB}$$

$$L_p = 67,46$$

$$A_2 = 11,82 \text{ (m}^2 \text{ sabine)}$$

$$S = 0,36 \text{ m}^2$$

Ditanya : TL = ....?

Penyelesaian

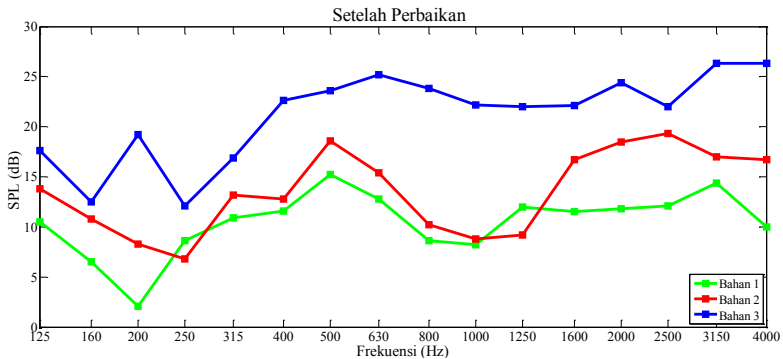
$$\begin{aligned}
 TL &= NR + 10 \log \frac{S}{A_2} \\
 &= 99,28 \text{ dB} - 67,46 \text{ dB} + 10 \log \frac{0,36}{11,82} \\
 &= 22,22 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Dan didapat hasil untuk keseluruhan bahan dan frekuensi sebagaimana Tabel 4.5 berikut:

**Tabel 4.5** Nilai TL setelah perbaikan ruang sumber

Freq	Transmission Loss (dB)		
	Bahan 1	bahan 2	bahan 3
125 Hz	10,5	13,8	17,6
160 Hz	6,5	10,8	12,5
200 Hz	2,1	8,3	19,2
250 Hz	8,6	6,8	12,1
315 Hz	10,9	13,2	16,9
400 Hz	11,6	12,8	22,6
500 Hz	15,2	18,6	23,6
630 Hz	12,8	15,5	25,2
800 Hz	8,6	10,2	23,8
1000 Hz	8,2	8,8	22,2
1250 Hz	12,0	9,2	22,0
1600 Hz	11,5	16,7	22,1
2000 Hz	11,8	18,5	24,4
2500 Hz	12,2	19,4	22,0
3150 Hz	14,4	17,0	26,3
4000 Hz	10,0	16,7	26,3

Data diatas dapat diilustrasikan dalam grafik untuk mempermudah perbandingan fluktuasi antara referensi dan bahan yang digunakan dalam percobaan. Maka didapatkan grafik sebagai berikut:



**Gambar 4.3** Grafik TL setelah perbaikan ruang sumber

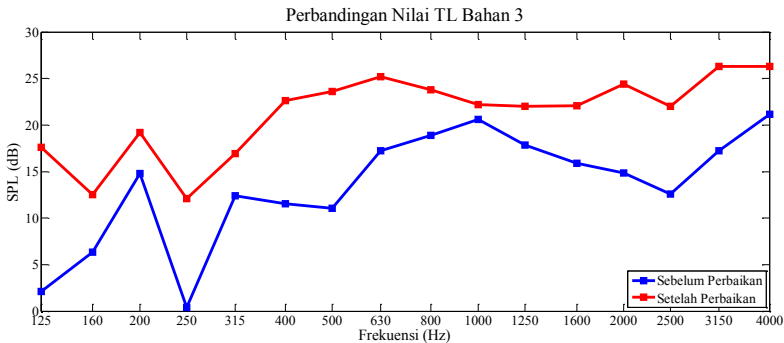
Seperti percobaan sebelumnya. Percobaan dilakukan pada malam hari untuk menghindari suara latar yang tinggi. Partisi yang diletakkan pada lubang juga diberi plastisin untuk mengurangi transmisi pada celah lubang tersebut. Dari grafik diatas terlihat bahwa pada frekuensi 250 Hz yang sebelumnya mengalami penurunan nilai TL, telah mengalami kenaikan nilai TL. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada frekuensi 250 Hz transmisi sisi yang terjadi sudah berkurang.

Kenaikan nilai TL disemua bahan dan hampir diseluruh frekuensi. Ini berarti perbaikan pada ruang sumber dapat meningkatkan nilai TL pada seluruh bahan dengan kondisi bahan yang sama seperti pengambilan data sebelum pelapisan. Jika diamati lebih lanjut, pada bahan 3 disemua frekuensi memiliki nilai TL yang lebih baik dibandingkan dengan nilai TL bahan 1 dan bahan 2. Untuk lebih jelasnya peningkatan nilai TL pada bahan 3 dijelaskan lebih rinci di Subbab selanjutnya.

#### 4.2.3 Perbandingan TL sebelum dan setelah perbaikan

Setelah mendapatkan data TL sebelum dan sesudah perbaikan ruang sumber, dilakukan berbandingan langsung hasil dari pengambilan data sebelum dan sesudah perbaikan. Diambil satu sampel bahan yang akan digunakan untuk dijadikan

perbandingan dalam percobaan ini adalah bahan 3. Sehingga didapat grafik pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Grafik TL bahan 3 sebelum dan setelah perbaikan

Dalam Gambar 4.4 terlihat peningkatan kinerja dari ruang sumber yang telah diperbaiki. Diseluruh frekuensi nilai TL yang didapat setelah perbaikan lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai TL sebelum perbaikan. Pada frekuensi 1600 Hz sebelum perbaikan, terdapat penurunan nilai TL hingga frekuensi 2500 Hz. Dan setelah perbaikan, pada frekuensi yang sama terjadi sedikit peningkatan dan hanya berkurang pada frekuensi 2500 Hz, dan selanjutnya meningkat. Pada perbaikan tidak terlalu mempengaruhi TL di frekuensi 315 Hz dan 1000 Hz. Hal ini membuktikan bahwa perbaikan terhadap ruang sumber mampu meningkatkan nilai TL suatu bahan yang diuji dan bisa dikatakan kinerja ruang sumber yang digunakan meningkat dari kondisi sebelumnya

#### 4.3 Perbandingan nilai STC sebelum dan setelah perbaikan

Setelah mendapatkan data TL setiap frekuensi, dihitung nilai *sound transmission class* (STC) pada bahan yang digunakan. Nilai STC menyatakan nilai rata-rata dan diturunkan dari hasil-hasil tes yang dilaporkan oleh para ahli terkemuka yang bergerak dibidang penelitian testing akustik. Nilai-nilai ini dapat dianggap

sebagai petunjuk dalam praktek perancangan arsitektur. Dari data TL yang telah didapat, diolah menggunakan ASTM seperti pada lampiran C.

**Tabel 4.6** Tabel Sound Transmission Class

Bahan	STC (dB)	
	Sebelum Pelapisan <i>Gypsum</i>	Setelah Pelapisan <i>Gypsum</i>
1	9	11
2	12	14
3	15	23

STC yang dihasilkan pada bahan 1 adalah 9 dB dan meningkat setelah perbaikan menjadi 11 dB. Pada bahan 2 sebelum perbaikan memiliki STC 11 dB dan meningkat setelah perbaikan menjadi 14 dB. Pada bahan 3 STC yang didapat adalah 15 dB dan meningkat setelah perbaikan menjadi 23 dB. Dari nilai tersebut terlihat bahwa nilai STC yang didapat jauh dari nilai yang sudah dihitung oleh peneliti dibidang akustik sebelumnya. Salah satu contoh *gypsum board* 12 mm yang menjadi bahan 1 pada percobaan ini. STC *gypsum board* 12 mm pada literature yang ada menunjukan nilai STC 29 dB sedangkan pada percobaan ini hanya menghasilkan STC sebesar 11 dB. Banyak faktor yang mempengaruhi hal tersebut.

Faktor pertama adalah kerapatan *gypsum board* yang digunakan. *Gypsum board* yang digunakan pada bahan yang memiliki STC 29 dB memiliki kerapatan 2,7 psf sedangkan *gypsum board* yang digunakan dalam percobaan ini adalah 1.39 psf. Terlihat perbedaan kerapatan yang sangat besar. Bahkan *gypsum board* dalam percobaan memiliki kerapatan kurang dari setengah kerapatan *gypsum board* yang memiliki STC 29 dB

Pada konsep ruang sumber dan ruang penerima, ruang sumber harus didesain sereflektif mungkin dan ruang penerima harus *anechoic*. Sedangkann ruang penerima yang digunakan

bukan ruang *anechoic*. Hal ini mempengaruhi hasil dari percobaan yang dilakukan.

Disamping itu pada ruang sumber juga terdapat transmisi sisi. Transmisi sisi tersebut terjadi karena bunyi yang tidak sepenuhnya ditransmisikan melalui bahan partisi. Lalu diteliti lebih lanjut tentang transmisi sisi setelah perbaikan ruang sumber. Pembahasan seputar transmisi sisi dilakukan pada sub-bab selanjutnya dengan metode *Noise Reduction*(NR) dan  $\Delta$  tingkat tekanan bunyi (SPL) sebelum dan setelah adanya sumber bunyi.

Peningkatan pada bahan 1 dan bahan 2 adalah 2 dB, sedangkan pada bahan 3 terjadi peningkatan 8 dB. Ini terjadi karena adanya pelapisan pada lubang ruang sumber seperti pada Gambar 4.2. Pada keadaan sebelum perbaikan, sisi partisi yang terbuat dari kayu tidak tertutupi oleh ruang sumber sehingga pada hasil sebelum ruang sumber diperbaiki, kemungkinan terjadi transmisi pada sisi yang terbuat dari kayu tersebut sehingga dihasilkan STC yang lebih kecil dibandingkan dengan STC setelah perbaikan. Dan terlihat perbedaan STC yang tinggi dibandingkan dengan bahan 1 dan bahan 2.

Tetapi yang menjadi kelemahan pada ruang sumber adalah luas partisi yang bisa diuji hanya yang berukuran 60x60 cm. Sehingga tidak bisa dilakukan pengujian untuk partisi yang lebih besar dari ukuran tersebut. Dan untuk ukuran yang lebih kecil, contoh 50x50 cm juga diperkirakan tidak akan menghasilkan hasil yang sama seperti partisi 60x60 cm tersebut karena akan ada celah dengan ukuran 5 cm pada masing-masing sisi dan tetap akan menghasilkan transmisi melewati sisi dari partisi tersebut.

#### **4.4 Nilai NR pada ruang sumber**

Pengukuran NR dilakukan pada sisi dinding ruang sumber. Ini bertujuan untuk mengetahui nilai NR pada masing-masing sisi. Pada pengambilan ini ruang sumber dijadikan ruang penerima, dan sumber bunyi berada di ruang sumber. Setelah

dilakukan pengambilan data tingkat tekanan bunyi pada titik 2 didalam dan diluar ruang sumber seperti pada table berikut:

**Tabel 4.7** Hasil pengukuran SPL didalam dan diluar ruang sumber pada titik 2

frekuensi (Hz)	SPL (dB)	
	Dalam	Luar
ALL	$71.9 \pm 0.8$	$109.7 \pm 0.1$
125	$59.0 \pm 2.7$	$74.7 \pm 1.3$
250	$58.1 \pm 1.2$	$84.7 \pm 0.8$
500	$66.5 \pm 2.1$	$93.3 \pm 0.6$
1000	$64.9 \pm 0.6$	$101.1 \pm 0.4$
2000	$63.0 \pm 0.5$	$102.9 \pm 0.3$
4000	$65.8 \pm 0.6$	$107.3 \pm 0.2$

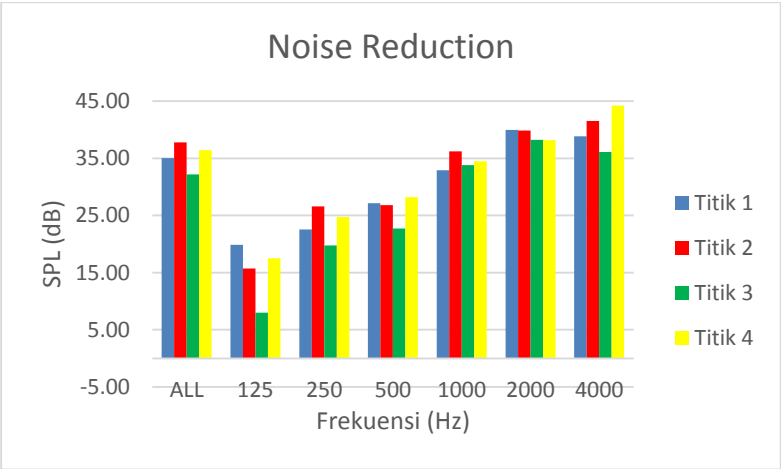
Data yang didapat diolah dengan persamaan (2.3). seperti yang kita ketahui bahwa NR adalah perbedaan tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber dan ruang penerima. Sehingga NR yang didapatkan dalam penelitian ini adalah hasil pengurangan dari SPL pada ruang sumber bunyi dan SPL pada ruang penerima. Contoh pada frekuensi 100 Hz memiliki nilai SPL pada ruang sumber  $101.1 \pm 0.4$  dB dan pada ruang penerima memiliki SPL  $64.9 \pm 0.6$  dB sehingga nilai NR pada frekuensi 100 Hz untuk sisi 2 adalah  $36.2 \pm 1.0$  dB. Dan nilai NR untuk keseluruhan frekuensi dan titik didapat hasil sebagaimana Tabel 4.8

**Tabel 4 8** Nilai NR pada masing-masing titik

Frekuensi (Hz)	Nilai NR (dB)			
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
ALL	35.0	37.8	32.2	36.5
125	19.9	15.7	8	17.5
250	22.5	26.6	19.7	24.8

500	27.2	26.8	22.7	28.2
1000	32.9	36.2	33.8	34.5
2000	40.0	39.9	38.2	38.2
4000	38.9	41.5	36.1	44.2

Dari data diatas, dibuat diagram batang agar lebih untuk diamati sehingga didapatkan diagram batang pada Gambar 4.5 berikut:



**Gambar 4.5** Nilai NR disetiap titik

Pengambilan data *noise reduction* (NR) dilakukan pada malam hari untuk menghindari kebisingan latar atau suara yang tidak diinginkan agar data yang didapatkan tidak terpengaruhi oleh suara latar. Dari Gambar 4.5 diatas terlihat bahwa nilai *Noise Reduction* (NR) pada titik 2 relatif lebih tinggi pada semua frekuensi dibandingkan dengan titik lain. Tetapi pada titik 4 frekuensi 4000 Hz yang tertinggi adalah titik 4. Ini dikarenakan pada titik 4 sisi ruang sumber berhimpitang dengan dinding sehingga sumber suara yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh dinding yang bersifat reflektif. Dengan demikian dapat



disimpulkan bahwa nilai NR terbesar terdapat pada titik 2. atau bisa dikatakan titik 2 memiliki nilai TL yang paling besar. Sedangkan nilai NR yang paling rendah adalah titik 3, atau bisa dikatakan titik 3 memiliki nilai TL yang paling kecil.

#### 4.5 Perbandingan nilai SPL dengan dan tanpa sumber suara

Selanjutnya dicari  $\Delta$  SPL sebelum dan setelah adanya sumber bunyi. Setelah dilakukan pengukuran, maka didapat data sebagaimana Tabel 4.9 untuk titik 2:

**Tabel 4. 9** Hasil pengukuran SPL sebelum dan setelah menggunakan sumber

frekuensi (Hz)	SPL (dB)	
	Dalam	Luar
ALL	$71.9 \pm 0.8$	$47.6 \pm 0.6$
125	$59.0 \pm 2.7$	$21.7 \pm 2.2$
250	$58.1 \pm 1.2$	$30.0 \pm 1.4$
500	$66.5 \pm 2.1$	$35.1 \pm 1.9$
1000	$64.9 \pm 0.6$	$38.3 \pm 1.3$
2000	$63.0 \pm 0.5$	$36.6 \pm 0.9$
4000	$65.8 \pm 0.6$	$37.4 \pm 1.1$

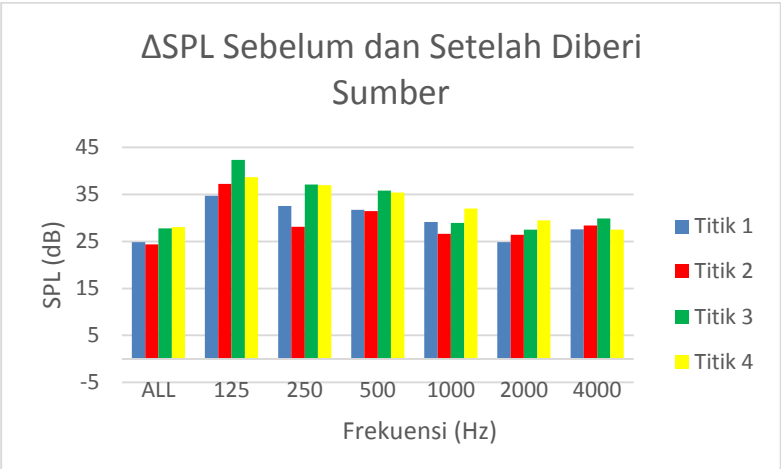
Sehingga dengan mengurangi SPL Sesudah adanya sumber dengan SPL sebelum adanya sumber, didapat data sebagaimana Tabel 4.10 berikut:

**Tabel 4.10**  $\Delta$  SPL sebelum dan setelah sumber disetiap titik

Frekuensi (Hz)	$\Delta$ SPL (dB)			
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
ALL	24.9	24.4	27.8	28.0
125	34.7	37.2	42.3	38.6

250	32.5	28.1	37.1	37.0
500	31.7	31.4	35.8	35.4
1000	29.1	26.6	28.9	32.0
2000	24.8	26.4	27.5	29.5
4000	27.6	28.4	29.8	27.5

Untuk mempermudah pengamatan data, setelah didapatkan data tersebut, dibuat diagram sebagai berikut:



**Gambar 4.6** Diagram  $\Delta$  SPL sebelum dan setelah adanya sumber bunyi.

Jika dilihat dari frekuensinya, ruang sumber isolasi cenderung memiliki kebocoran yang tinggi pada frekuensi rendah. Terlihat pada Gambar 4.6 ketika frekuensi 125 Hz terjadi  $\Delta$  SPL terbesar, dan menurun pada frekuensi selanjutnya.  $\Delta$  SPL yang paling rendah terjadi pada frekuensi 4000 Hz. Kebocoran pada frekuensi tinggi lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi rendah. Dengan hasil ini bisa disimpulkan bahwa perlu dilakukan pelapisan pada ruang sumber yang memiliki TL besar pada frekuensi rendah untuk mengurangi kebocoran tersebut. Dari

diagram diatas terlihat bahwa  $\Delta$  SPL yang paling tinggi terlihat pada titik 3. Ini berarti bahwa pada titik 3 terjadi kebocoran yang paling besar dibandingkan dengan titik lain. Pada sub-bab sebelumnya juga dibuktikan bahwa nilai NR pada titik 3 adalah yang paling rendah.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis data, dasar teori, dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Terjadi peningkatan STC sebelum dan setelah pelapisan *gypsum* yaitu:
  - a. Bahan *gypsum board* 12 mm satu lapis mengalami peningkatan 2 dB.
  - b. Bahan *gypsum board* 12 mm dua lapis mengalami peningkatan 2 dB.
  - c. Bahan partisi berlapis yang terdiri dari *gypsum board* 12 mm dua lapis – *rockwool* - *gypsum board* 12 mm dua lapis dengan kerangka kayu setebal 11 cm mengalami peningkatan 8 dB.
2. Nilai *Noise Reduction*(NR) yang terbesar pada frekuensi 1000 Hz adalah titik 2 yaitu  $36,2 \pm 1.0$  dB sedangkan yang terkecil adalah titik 1 yaitu  $32,9 \pm 1.4$  dB.
3. Ruang sumber hanya mampu untuk mengukur bahan dibawah 32,9 dB untuk frekuensi 1000 Hz.

#### **5.2 Saran**

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan pada ruangan yang standar sehingga STC yang dihasilkan bisa lebih baik.
2. *Gypsum board* yang digunakan memiliki kerapatan yang lebih baik dan mendekati referensi yang ada.
3. Pada saat pengambilan data digunakan dua *Sound Level Meter*(SLM) dengan jenis yang sama dan dalam waktu yang bersamaan.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Armen, Alpha H. *Pengaruh Penambahan Bahan Redam Terhadap Kebocoran Pada Alat Ukur Daya Isolasi Bahan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Dolle, L.L. 1993. *Akustik Lingkungan* (terjemahan Lea Prasetyo). Erlangga. Jakarta
- Irwan, Yusril. 2013. *Pembuatan Dan Uji Karakteristik Akustik Komposit Papan Serat Sabut Kelapa*. Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung.
- Masrur, Muhammad. 2012. *Penentuan Nilai Rugi Transmisi Bahan Polikarbonat Dan Polipropilin Dengan Metode Pengukuran Rugi Sisipan Dan Waktu Dengung*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Mediastika, Christina E. 2005. *Kualitas Akustik Panel Dinding Berbahan Baku Jerami. Dimensi (Journal of Architecture and Built Environment)*. Vol. 36, No. 2. December 2008. Hal: 127-134.
- Prasetyo, Lea. 2003. *Akustik*. Diktat Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya
- Prastowo, Tjipto. 1992. *Penilaian Nilai Rugi Transmisi(TL) Beberapa Bahan Akustik Dengan Metode Pengukuran Rugi Sisipan(IL)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Suyatno. 2000. *Studi Tentang Transmisi Sisi Pada Sumur Persegi Sebagai Sarana Pengukur Rugi Transmisi Bunyi Bahan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## LAMPIRAN A

### HUBUNGAN MATEMATIS TL DENGAN NR

Telah didefinisikan dalam makalah kolokium, bahwa rugi transmisi ( $TL$ ) secara matematis dinyatakan sebagai :

$$TL = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \equiv 10 \log \frac{1}{\tau} \quad (B.1)$$

dengan,

$P_1$  = daya bunyi yang datang (joule per sekon)

$P_2$  = daya bunyi yang transmisi (joule per sekon)

$\tau$  = Koefisien transmisi bunyi

Dalam ruang sumber, terdapat bunyi dengan daya  $P$  dan konstanta absorbs ruang sumber  $R_1$ . Tingkat tekanan bunyi di ruang sumber adalah :

$$SPL = PWL + 10 \log \frac{4}{R_1} + 0,5 \quad (B.2)$$

dengan,  $PWL = 10 \log P + 130$

$P$  = daya bunyi ruang sumber (joule per sekon)

$$R_1 = \frac{S_1 \bar{\alpha}_1}{(1 - \bar{\alpha}_1)}$$

= Konstanta absorbs ruang sumber ( $m^3$ )

$S_1$  = Luas permukaan ruang sumber ( $m^2$ )

$\bar{\alpha}_1$  = koefisien absorbs rata-rata ruang sumber

Dalam ruang sumber, kerapatan energi meluruh sebanding dengan  $P(1 - \bar{\alpha}_1)$ . Daya bunyi yang datang pada permukaan partisi adalah hasil kali antara meluruhnya kerapatan energi dengan  $\frac{S \bar{\alpha}_p}{S_1 \bar{\alpha}_1}$ , dimana  $S$  adalah luas permukaan ( $m^2$ ) dan  $\bar{\alpha}_p$  adalah  $\bar{\alpha}_1$  adalah koefisien absorbsi rata-rata partisi. Bila partisi merupakan penyerap sempurna,  $\bar{\alpha}_p = 1$  sehingga daya bunyi yang datang  $P_i$  adalah :

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P(1 - \bar{\alpha}_1) \frac{S}{S_1 \bar{\alpha}_1} \\
 &= \frac{PS}{R_1}
 \end{aligned}$$

Daya bunyi yang ditransmisikan ke ruang pendengar adalah  $TP_1$ , dengan demikian persamaan daya transmisi dapat dituliskan :

$$P_2 = \frac{TPS}{R_1} \quad (\text{B.3})$$

Persamaan (B.3) diatas, apabila diambil harga logaritmanya akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
 10 \log P_2 &= \frac{TPS}{R_1} \\
 10 \log P_2 &= 10 \log P + 10 \log \frac{S}{R_1} + 10 \log T \\
 PWL_2 &= PWL + 10 \log \frac{S}{R_1} - TL \quad (\text{B.4})
 \end{aligned}$$

Kemudian jika persamaan (B.2) disubstitusikan ke persamaan (B.4), maka akan didapatkan :

$$\begin{aligned}
 PWL_2 &= SPL_1 - 10 \log \frac{4}{R_1} - 0,5 + 10 \log \frac{S}{R_1} - TL \\
 PWL_2 &= SPL_1 + 10 \log \left( \frac{\frac{S}{R_1}}{\frac{4}{R_1}} \right) - 0,5 - TL \\
 PWL_2 &= SPL_1 - 0,5 + 10 \log \frac{S}{4} - TL \quad (\text{B.5})
 \end{aligned}$$

Hubungan antara tingkat tekanan bunyi dan tingkat daya bunyi di ruang pendengar adalah sebagai berikut :

$$SPL_2 = SWL_2 + 10 \log \left[ \frac{4}{R_1} + \frac{1}{S} \right] + 0,5 \quad (\text{B.6})$$

Bila persamaan (B.5) dimasukkan ke persamaan (B.6), maka akan didapatkan :

$$\begin{aligned}
SPL_2 &= SPL_1 - 0,5 + 10 \log \frac{S}{4} - TL + 10 \log \left[ \frac{4}{R_1} + \frac{1}{S} \right] + 0,5 \\
&= SPL_1 - TL + 10 \log \left[ \frac{S}{4} \left( \frac{4}{R_1} + \frac{1}{S} \right) \right] \\
SPL_2 &= SPL_1 - TL + 10 \log \left[ \frac{S}{R_1} + \frac{1}{4} \right] \tag{B.7}
\end{aligned}$$

Dari persamaan (B.7) di atas, maka nilai rugi transmisi ( $TL$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$TL = SPL_1 - SPL_2 + 10 \log \left[ \frac{S}{R_1} + \frac{1}{4} \right] \tag{B.8}$$

Karena  $SPL_1 - SPL_2 = NR$ , maka persamaan (B.8) di atas dapat dituliskan menjadi :

$$TL = NR + 10 \log \left[ \frac{S}{R_1} + \frac{1}{4} \right] \tag{B.9}$$

Persamaan (B.10) diatas menyatakan hubungan antara rugi transmisi ( $TL$ ) dengan reduksi bising ( $NR$ ) untuk medan dekat.

Untuk titik yang berada dekat dengan sumber bunyi, intensitas bunyi pada jarak tersebut cukup besar. Bila sumber bunyi cukup kecil dan ruangan tidak mamantul, maka medan akustik dekat sumber bunyi tidak bergantung pada sifat-sifat akustik ruang. Pada jarak yang lebih jauh, intensitas bunyi semakin kecil dan medan bunyi pantul menjadi dominan.

Kerapatan energi bunyi pantul secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
D_r &= \frac{4P(1-\bar{\alpha})}{vS_s\bar{\alpha}} \\
&= \frac{4P}{vR} \tag{B.10}
\end{aligned}$$

Sementara itu hubungan antara tekanan bunyi rata-rata yang diakibatkan oleh kerapatan energi pantulnya sendiri adalah :

$$D_r = \frac{\bar{p}^2}{\rho_0 v^2} \tag{B.11}$$

Sehingga jika persamaan (B.10) digabungkan dengan (B.11) maka akan didapatkan :

$$\bar{p}^2 = \frac{4P\rho_0 v}{R} \quad (\text{B.12})$$

Untuk menyatakan hubungan antara tekanan bunyi rata-rata yang disebabkan oleh kerapatan energi pantul dan tingkat tekanan bunyi, maka didefinisikan tingkat tekanan bunyi sebagai berikut :

$$SPL = 10 \log \frac{\bar{p}^2}{|p_{ref}|^2} \quad (\text{B.13})$$

dengan

$p_{ref}$  = tekanan bunyi referensi = 0,00002 N/m<sup>2</sup>

Apabila persamaan (B.13) dimasukkan pada persamaan (B.14), maka akan didapatkan hubungan antara tingkat tekanan bunyi untuk medan jauh dengan tingkat tekanan bunyi diruang pendengar sebagai berikut :

$$\begin{aligned} SPL_2 &= 10 \log \frac{4P\rho_0 v}{R} - 10 \log |p_{ref}|^2 \\ &= 10 \log P + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} - 10 \log |0,00002|^2 \\ &= PWL_2 - 130 + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} + 94 \\ SPL_2 &= PWL_2 - 36 + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} \end{aligned} \quad (\text{B.14})$$

Dalam satuan sistem Inggris, persamaan (B.15) di atas akan berubah menjadi persamaan baru sebagai berikut :

$$SPL_2 = PWL_2 - 25,6 + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} \quad (\text{B.15})$$

Dengan  $\rho_0 v$  = impedansi karakteristik udara dan  $10 \log \rho_0 v = 26,1$ , sehingga persamaan (B.16) di atas menjadi :

$$SPL_2 = PWL_2 + 0,5 + 10 \log \frac{4}{R_2} \quad (\text{B.16})$$

Kemudian jika persamaan (B.5) disubstitusikan pada persamaan (B.16) maka akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
 SPL_2 &= SPL_1 - 0,5 + 10 \log \frac{S}{4} - TL + 0,5 + 10 \log \frac{4}{R_2} \\
 SPL_2 &= SPL_1 + 10 \log \frac{S}{4} - TL + 10 \log \frac{4}{R_2} \\
 SPL_2 &= SPL_1 - TL + 10 \log \frac{S}{4 R_2} \\
 SPL_2 &= SPL_1 - TL + 10 \log \frac{S}{R_2} \quad (B.17)
 \end{aligned}$$

atau dapat ditulis dalam bentuk lain yaitu :

$$TL = SPL_1 - SPL_2 + 10 \log \frac{S}{R_2} \quad (B.18)$$

Karena  $SPL_1 - SPL_2 = NR$  maka persamaan (B.19) di atas dapat dituliskan menjadi :

$$TL = NR + 10 \log \frac{S}{R_2} \quad (B.19)$$

Persamaan (B.19) di atas menyatakan hubungan antara rugi transmisi ( $TL$ ) dengan reduksi bising ( $NR$ ) untuk medan jauh.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN B

### DATA PERCOBAAN

#### B.1 Data SPL Ruang Sumber Sebelum Perbaikan

Tabel B 1 SPL bahan 1 ruang sumber sebelum perbaikan

freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL (dB)	71.87	79.55	94.49	82.84	85.41	93	88.27	92.5	98.82	98.88	100.71	98.51	97.03	98.57	99.15	101.3
	71.71	80.49	92.68	86.5	87.32	91.79	90.38	90.03	98.44	99.77	99.87	98.15	97.1	99.42	98.26	101.4
	74.79	77.34	89.32	86.8	86.65	90.88	89.15	89.55	99.65	98.94	100.45	98.44	96.85	99.22	98.53	100.9
	74.3	79.54	91.7	84.32	82.83	92	90.2	89.72	99.3	97.32	100.04	98.26	97.03	98.73	99.14	101.6
	73.81	79.93	93.7	81.62	85.96	93.1	89.41	92.07	98.81	97.29	98.76	98.22	96.68	97.82	98.83	100.5
	74.17	78.76	92.12	84.37	84.96	92.5	88.21	91.11	98.6	98.09	100.36	98.74	97.46	98.26	99.02	100.7
	71.73	75.94	92.2	81	84.49	90.32	87.28	89.07	96.79	96.94	99.59	98.66	95.99	98.45	98.05	101.3
	71.5	78.38	90.65	81.7	85.24	91.24	89.84	90.43	99.22	98.17	101.21	98.18	96.81	98.77	98.72	100.2
	72.97	76.62	91.74	82.79	85.31	90.58	89.57	89.7	99.27	97.82	101.27	98.56	96.72	99.05	98.67	101.3
	70.2	78.24	90.54	83.4	87.68	93.62	89.53	89.86	97.59	98.49	100.65	98.22	97.04	99.46	98.5	100.9
	72.53	76.8	92.42	87.19	87.82	90.01	89.79	89.63	96.53	98.28	100.55	97.56	97.19	99.52	98.98	100.9
	71.26	76.09	91.23	83.73	83.22	91.52	86.66	91.09	98.2	99.68	98.77	96.97	95.93	98.15	98.86	101.4

	73.52	78.44	93.14	84.42	85.62	92.96	88.39	89.33	97.85	98.1	99.64	97.85	96.69	99.13	98.64	100.4
	74.51	80.12	92.19	81.96	83.86	91.19	90.29	89.78	99.74	97.29	98.99	97.48	96.56	99.18	98.99	101.2
	73.25	78.16	88.84	84.25	84.19	91.05	89.95	89.41	97.57	97.53	98.63	97.16	96.19	99.2	98.5	101.3
	74.77	76.71	90.16	85.2	84.45	93.42	89.67	90.7	96.94	97.33	99.61	97.63	96.26	98.27	98.64	101.8
	72.17	78.55	91.2	83.77	83.32	92.13	89.2	90.59	98.14	97.99	100.25	97.63	95.94	98.57	98.7	101.3
	72.66	76.6	87.57	82.65	83.85	90.52	89.45	89.23	98.16	96.24	99.19	97.9	96.58	98.57	98.77	101
	71.87	76.93	92.13	81.58	84.32	90.15	87.59	90.34	96.95	96.52	98.73	97.67	96.48	99.3	98.51	101.7
	71.71	77.65	91.13	82.94	86.04	91.22	87.8	89.75	98.03	97.61	99.31	97.83	96.59	98.25	99.22	101.6
rata-rata	72.77	78.04	91.46	83.65	85.13	91.66	89.03	90.19	98.23	97.91	99.83	97.98	96.66	98.79	98.73	101.1
STDEV	1.32	1.4	1.65	1.78	1.46	1.13	1.08	0.92	0.96	0.93	0.84	0.49	0.43	0.5	0.3	0.43

Tabel B 2 SPL bahan 2 ruang sumber sebelum perbaikan .

freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL (dB)	73.9	75.68	93.92	80.76	85.86	91.16	90.21	91.79	97.69	96.64	99.71	97.11	96.6	98.36	98.51	101.4
	73.25	81.39	92.21	84.92	85.98	91.7	88.48	91.29	98.33	98.12	99.9	98.19	96.41	99.46	98.53	101.5
	73.25	77.11	90.69	84	83.96	91.19	90.35	89.11	99.58	96.74	99.5	98.83	97.15	99.73	99.2	101.5
	73	79.87	93.44	83.24	87.12	92.54	91.33	92.72	101.5	98.41	99.77	98.81	96.67	98.67	99.04	101.2
	72.4	78.32	93.59	84	87.61	92.51	88.56	92.71	101.3	97.17	99.71	98.29	96.24	98.45	98.8	101



	72.67	78.28	92.22	84.55	85.42	91.36	90.33	91.15	99.57	97.12	99.82	98	95.29	99.15	98.55	101.6
	72.69	77.05	93.36	81.73	84.07	92.97	88.43	90.27	97.11	97.84	100	98.57	96.97	100.4	99.55	101.6
	72.83	79.43	91.75	83.7	86.96	91.59	89.18	90.47	98.93	97.91	99.98	98.19	97	99.06	97.75	100.6
	74.78	79.58	91.74	83.12	85.78	90.97	87.96	91.73	98.06	97.81	98.63	97.11	96.04	98.66	99.14	100.8
	73.93	79.17	91.37	83.34	85.59	90.32	88.68	92.07	98.52	98.29	100.6	98.97	96.74	99.22	98.81	100.8
	76.04	80.19	93.47	81.66	86.89	90.93	89.07	91.26	99.04	97.82	98.56	98.31	96.41	99.17	99.34	101.7
	73.55	77.17	91.7	82.45	83.63	91.02	89.02	89.43	98.66	97.42	99.9	97.31	96.1	99.08	99.19	101.6
	73.76	79.86	90.86	85.34	88.08	92.71	90.39	92.42	99.08	97.48	99.5	98.22	96.78	98.47	99.24	101.3
	71.35	75.98	91.76	85.1	86.54	94.17	88.22	90.82	99.76	96.88	98.68	97.84	96.7	98.67	98.79	101.1
	71.27	74.47	93.15	82.14	86.18	90.65	89.43	90.84	101	99.9	99.25	98	97.07	100.4	98.76	101.1
	70.92	77.85	91.15	85.27	84.35	91.08	90.07	89.34	97.18	97.47	102	98.65	96.47	99.8	99.55	101
	74.14	77.29	90.45	83.88	83.96	92.54	89.68	89.98	100.1	98.58	101.5	98.64	97.25	99.94	98.72	101.6
	73.46	76.4	93.77	83.14	85.71	91.1	88.71	91.54	99.02	98.58	100.1	98.59	96.9	99.19	99.02	101.5
	72	80.46	91.35	86.26	87.21	92.79	90.11	90.75	96.34	98.41	100.7	97.97	96.76	99.63	99.05	101.2
	73.48	78.12	89.92	79.66	86.39	93.94	89.12	90.19	97.77	97.2	99.62	97.44	97.17	99.65	98.59	101
rata-rata	73.13	78.18	92.09	83.41	85.86	91.86	89.37	90.99	98.92	97.79	99.88	98.15	96.64	99.26	98.91	101.26
STDEV	1.22	1.81	1.22	1.66	1.31	1.09	0.9	1.08	1.38	0.78	0.86	0.56	0.47	0.61	0.42	0.33

Tabel B 3 SPL bahan 3 ruang sumber sebelum perbaikan.

freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL (dB)	70.34	76.09	91.05	80.83	87.84	91.73	88.63	89.8	99.52	98.62	101.2	98.62	96.7	98.97	98.71	102.4
	72.6	78.5	91.51	84.53	85.53	91.61	88.08	89.26	97.98	98.67	100.5	97.48	97.39	99.25	98.62	101.7
	70.67	77.38	88.23	83.01	84.83	91.66	88.44	89.77	99.24	95.84	100.9	98.48	96.8	99.51	98.86	101.3
	75.93	77.71	94.87	83.22	85.28	93.49	89.19	90.26	98.5	98.23	100.6	98.64	97.24	99.49	99.57	101.7
	72.89	76.65	90.71	85.37	86.8	89.38	88.22	89.13	98.84	99.22	99.62	97.91	97.32	99.32	99.62	101.4
	72.96	80.02	92.79	83.29	87.54	94.41	91.57	90.5	98.64	97.32	100.4	98.15	97.01	99.05	99	102.2
	73.44	78.03	87.79	83.31	87.15	91.73	90.76	89.56	99.65	95.74	100.6	97.52	96.88	99.05	98.97	101.8
	75.7	78.63	90.72	84.44	87.8	92.49	89.73	88.93	98.78	95.88	99.27	98.37	96.61	98.81	99.23	102
	74.87	79.08	91.33	84.83	85.74	91	89.36	89.55	99.3	98.12	99.76	98.62	97.78	99.71	100.6	101.7
	73.6	75.39	90.71	82.48	88.03	92.27	90.08	90.47	99.22	97.07	99.9	98.04	97.33	98.63	99.97	101.6
	72.16	79	88.84	83.34	84.4	90.71	88.89	89.03	98.17	95.99	99.52	98.83	96.67	98.42	100.2	101.5
	73.98	79.18	88.9	83.33	83.85	92.96	89.32	90.18	98.16	98.92	101.6	98.75	96.98	99.81	98.59	101.9
	70.56	74.89	91.9	85.83	87.29	92.35	93.16	91.13	101.5	98.22	100.2	98.78	97.37	99.09	100.2	102.7
	74.51	80.08	90.57	84.39	83.52	94.1	88.81	91.81	99.73	97.81	99.72	98.8	95.94	99.45	99.21	101.8
	74.72	76.97	90.22	81.45	87.08	91.28	88.63	91.39	101	98	100.2	98.24	96.71	99.26	99.3	102.5
	74.18	79.98	91.83	83.39	85.69	92.42	89.09	90.01	99.56	97.11	100.7	99.08	97.08	99	99.53	101.8
	74.07	77.83	90.48	82.26	85.18	92.43	90.05	91.8	100.6	97.52	98.52	99.37	97.31	99.69	99.61	102
	72.36	77.26	90.11	84.97	86.29	92.14	87.52	90.62	98.38	97.64	100.6	97.85	96.9	98.17	99.17	101.5
	73.03	79.37	88.36	84	85.44	92.48	91.03	89.73	101.4	97.39	100.4	98.06	96.93	99.24	99.1	102.5
	75.14	79.88	89.3	85.43	86.88	92.9	89.81	89.52	99.16	97.93	100.9	98.8	97.23	99.25	98.92	102.1
rata-	73.39	78.1	90.51	83.69	86.11	92.18	89.52	90.12	99.36	97.56	100.3	98.42	97.01	99.16	99.35	101.9

rata																
STDEV	1.622	1.553	1.69	1.323	1.36	1.148	1.333	0.875	1.045	1.042	0.717	0.504	0.394	0.423	0.557	0.381

## B.2 Data Ruang Penerima Sebelum Perbaikan

Tabel B 2 SPL bahan 1 ruang penerima sebelum perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	50.98	55.12	70.92	64	57.84	65.37	60.06	57.49	65.48	66.04	66.98	65.41	63.88	66.58	69.14	69.39
	51.01	56.91	71.74	62.16	56.83	66.18	57.92	55.89	66.11	67.06	66.88	65.19	62.32	66.83	67.94	69.97
	52.56	56.22	72.54	59.81	57.56	66.96	57.29	60.29	64.13	65.84	68.41	66.2	62.36	66.8	67.71	70.14
	49.13	59.66	70.92	64.15	58.96	66.69	58.77	57.94	64.75	65.12	67.54	64.01	62.38	66.33	67.63	70.16
	48.5	55.99	71.28	62.08	61.04	66.52	59.21	56.63	64.64	65.61	68.45	65.69	62.58	66.44	67.56	69.47
	51.57	57.18	70.72	64.44	56.9	66.54	57.88	57.47	64.78	65.92	67.63	65.66	62.23	66.16	67.96	69.83
	52.09	56.63	72.39	61.98	57.39	63.99	62.37	56.84	63.79	65.4	67.1	66.26	62.58	66.13	67.8	69.36
	55.93	58.27	67.91	60.28	56.8	67.2	58.87	59.17	64.65	66.92	67.41	64.43	62.39	65.5	66.77	70.73
	50.65	55.1	72.85	64.33	58.36	65.57	59.67	59.09	64.95	65.8	67.83	65.22	62.49	66.67	68.31	70.1
	52.55	56.9	70.71	64.1	58.4	69.02	59.79	57.99	65.75	65.57	68.47	66.11	62.66	66.05	68.32	70.14
	49.68	57.09	70.9	61.85	56.61	67.55	56.38	57.82	66.13	65.97	68.7	65.2	63.51	65.84	69.03	69.81
	51.32	56.28	70.95	61.68	57.84	67.34	56.61	59.63	65.8	65.03	67.55	64.87	62.87	66.42	68.52	69.59

	54.36	55.17	71.38	63.25	57.33	65.84	58.28	58.33	65.71	65.26	67.15	64.63	63.02	66.61	68.07	69.56
	51.95	56.93	72.8	63.53	56.77	67.6	58.25	58.14	65.78	66.74	66.43	65.01	62.4	66.46	67.91	69.36
	52.32	56.01	71.36	62.16	57.76	65.51	57.45	56.52	63.52	66.46	67.31	65.13	62.3	65.89	68.41	69.84
	51.03	57.65	70.55	62.83	59.19	65.71	58.4	57.77	64.94	67.13	66.84	64.65	63.21	66.37	68.17	69.87
	50.54	53.33	67.9	64.8	59.54	67.16	58.67	56.03	65.16	66.64	67.41	65.92	62.7	64.97	68.49	69.6
	47.76	55.99	69.48	62.59	57.93	65.77	59.03	59.75	64.85	65.18	66.75	66.54	62.86	65.61	68.69	69.25
	50.5	57.48	71.82	60.78	58.74	65.99	60.34	59.64	65.42	65.85	68.07	65.56	63.23	66.31	68.3	69.98
	50.65	59.44	71.15	60.76	59.4	64.25	58.53	56.83	64.8	65.5	67.27	66.74	62.68	66.7	68.85	69.31
rata-rata	51.25	56.67	71.01	62.58	58.06	66.34	58.69	57.96	65.06	65.95	67.51	65.42	62.73	66.23	68.18	69.77
STDEV	1.87	1.48	1.35	1.48	1.15	1.18	1.37	1.3	0.73	0.66	0.64	0.73	0.44	0.48	0.56	0.38

Tabel B 3 SPL bahan 2 ruang penerima sebelum perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	49.79	53.7	69.7	60.65	55.57	63.03	54.76	52.14	61.94	63.72	63.7	64.68	59.81	62.81	65.61	65.03
	45.66	55.99	67.24	60.41	57.26	63.59	56.29	54.27	64.25	64.11	63.92	64.27	57.73	61.13	64.4	64.61
	46.05	53.2	70.3	60.71	55.73	63.17	56.05	50.64	61.13	64.65	63.9	64.93	58.54	61.78	66.05	63.97
	49.36	57.09	67.17	58.38	56.89	62.65	57.05	51.91	60.85	64.11	64.45	63.57	59.71	61.74	64.83	64.55
	44.58	54.99	66.27	64.68	55.67	64.22	56.18	54	61.56	66.12	63.63	63.99	58.59	62.14	66.46	64.55
	49.32	55.81	67.13	60.11	56.45	62.44	56.3	51.96	63.37	63.94	64.64	64.31	57.93	62.91	65.34	64.59

	46.84	53.97	66.69	61.63	56.4	63.44	56.97	51.17	60.53	62.86	63.79	65.78	58	62.03	65.32	64.45
	48.11	53.59	66.42	59.49	58.14	63.61	56.49	52.73	60.94	62.41	63.9	64.6	57.76	62.95	64.84	64.97
	48.35	54.37	65.33	59.89	58.08	66.04	54.41	51.75	62.1	61.91	64.22	63.56	58.87	61.64	65.1	64.42
	46.95	57	69.43	62.67	55.88	63.37	56.55	51.38	62.12	63.31	63.57	63.59	58.36	62.34	65.04	65.39
	45.76	55.59	70.89	60.8	55.14	63.28	54.66	52.23	60.07	63.85	63.3	63.69	58.53	62.71	66.6	64.08
	49.41	54.95	66.09	60.15	56.17	65.01	57.53	52.43	60.9	63.54	64.32	64.01	59.47	62.58	66.03	64.38
	48.04	55.11	68.8	60.35	57.62	61.44	54.04	52.67	61.52	62.3	64.75	64.4	58.5	61.84	65.81	64.55
	45.51	53.48	64.85	61.41	54.82	62.77	55.4	53.2	61.82	63.01	63.74	65.21	58	63.26	66.23	65.27
	50.02	55.79	68.58	61.82	58.09	64.23	55.29	54.17	61.71	63.36	65.44	64.65	58.56	61.46	66.27	64.39
	48.32	55.32	68.27	61.76	55.47	62.62	55.7	51.7	61.48	64.41	63.69	65.09	58.18	61.74	65.47	64.29
	49.27	54.04	66.9	63.23	57.42	64.98	56.38	53.86	61.72	63.93	63.18	64.76	57.67	62.63	64.41	64.2
	47.4	52.56	68.58	62.87	56.69	63	55.37	53.44	62.1	65.43	64.28	63.9	59.27	61.83	65.57	64.91
	45.93	53.37	71.17	61.36	55.22	61.96	56.01	53.1	62.55	63.77	64.8	64.9	58.95	62.28	64.96	64.62
	48.57	54.85	66.75	58.86	56.15	64.99	55.57	52.79	62.74	63.4	64.61	64.18	59	61.85	65.89	65.06
rata-rata	47.66	54.74	67.83	61.06	56.44	63.49	55.85	52.58	61.77	63.71	64.09	64.4	58.57	62.18	65.51	64.61
STDEV	1.65	1.26	1.81	1.52	1.04	1.14	0.92	1.03	0.97	1	0.57	0.61	0.65	0.57	0.65	0.38

Tabel B 6 SPL bahan 3 ruang penerima sebelum perbaikan.

freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	50.76	51.55	58.35	61.24	53.34	63.4	56.56	53.15	58.82	55.98	60.64	60.12	59.93	63.23	59.94	58.8
	50.22	51.78	56.8	64.44	53.94	62.25	55.16	53.72	58.32	55.56	57.73	60.5	58.8	64.65	60.2	58.74

	51.81	51.68	58.01	63.63	55.48	63.17	56.75	54.2	60.02	56.86	60.45	61.22	58.96	64.13	59.77	59.07
	51.67	51.61	57.04	59.33	56.94	62.55	55.96	54.46	61.07	55.55	60.21	60.49	59.99	63.05	60.01	58.74
	51.79	52.64	57.63	63.37	51.02	63.02	55.88	53.19	59.25	55.9	59.98	61.96	60.23	64.5	60.19	58.23
	50.91	53.41	57.46	61.34	51.86	59.22	57.76	53.08	60.55	55.92	60.65	61.09	59.11	63.79	60.03	58.6
	51.5	50.23	56.94	63.32	54.58	60.8	57.84	52.33	58.32	56.66	60.72	61.64	59.23	64.64	60.14	59.56
	51.37	51.77	53.7	63.21	54.31	60.82	55.89	51.27	60.43	56.36	59.03	61.31	59.21	63.37	60.19	58.97
	45.61	49.45	57.65	61.12	55.43	60.27	55.93	53.77	60.69	55.58	61.05	61.26	60.99	63.19	59.74	58.75
	47.65	52.33	56.53	63.98	53.48	59	56.45	52.81	60.34	55.78	58.87	61.22	58.21	62.95	59.59	58.39
	50.2	50.62	56.5	63.56	54.43	61.04	56.18	52.24	58.99	55.98	60.33	60.97	58.53	62.82	59.32	59.62
	50.99	52.52	58.11	62.73	49.85	60.1	56.43	50.24	61.34	55.14	60.04	61.33	59.29	63.92	59.17	59.36
	49.24	52.03	59.05	59.51	52.61	59.85	56.3	50.98	58.54	54.91	61.14	60.21	59.07	62.84	59.65	58.52
	46.85	52.68	57.94	62.05	55.13	60.25	54.4	50.84	58.79	56.72	60.46	60.67	58.16	63.87	59.97	58.9
	50.62	53.03	58.17	63.26	52.9	61.07	54.57	51.37	58.55	55.49	60.91	59.83	59.99	63.62	59.98	59.5
	51.21	51.68	53.94	59.87	56.8	59.06	56.98	51.2	57.36	56.72	60.34	60.41	59.05	62.25	59.63	58.09
	51.97	50.38	57.45	62.88	55.88	63.24	54.07	52.07	58.65	55.13	59.79	60.55	58.49	63.61	59.92	59.08
	49.87	52.5	56.94	64.49	52.12	60.94	56.89	53.21	59.4	56.82	60.78	60.75	58.72	63.82	59.74	59.03
	51.07	52.4	57.21	62.15	53.2	62.06	56.67	55.81	60.47	57.05	61.22	61.73	58.93	63.77	60.23	59.18
	49.68	52.72	54.67	62.04	55.24	61.82	59.17	51.33	59.05	55.7	59.42	61.58	59.65	64.03	59.92	58.98
rata-rata	50.25	51.85	57	62.38	53.93	61.2	56.29	52.56	59.45	55.99	60.19	60.94	59.23	63.6	59.87	58.91
STDEV	1.73	1.02	1.41	1.56	1.87	1.43	1.2	1.43	1.09	0.64	0.87	0.59	0.72	0.64	0.29	0.42

### B.3 Data Waktu Dengung Yang Didapat

Tabel B 4 Waktu dengung sebelum perbaikan

Frequency band [Hz]	T20 [s]	T30 [s]	T_custom [s]	EDT [s]
125	0.823	0.577	0.941	0.597
160	0.837	0.755	0.884	0.775
200	0.633	0.604	0.641	1.014
250	0.584	0.565	0.54	0.613
315	0.54	0.504	0.611	0.789
400	0.681	0.622	0.71	0.862
500	0.836	0.666	0.851	0.459
630	0.615	0.556	0.629	0.704
800	0.601	0.5	0.659	0.592
1000	0.627	0.569	0.714	0.602
1250	0.593	0.535	0.609	0.452
1600	0.55	0.505	0.553	0.522
2000	0.479	0.511	0.436	0.386
2500	0.444	0.498	0.457	0.379
3150	0.519	0.529	0.493	0.448
4000	0.508	0.551	0.461	0.491

## B.4 SPL Ruang Sumber Setelah Perbaikan Ruang Sumber

Tabel B 8 SPL bahan 1 ruang sumber setelah perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	63.59	67.17	88.24	79.82	83.15	85.84	82.8	83.96	96.77	99.22	96.72	96.7	95.41	100.9	103.1	102.9
	64.93	70.58	87.73	79.52	83.11	83.8	84.08	85.29	94.69	99.3	97.85	97.89	95.78	99.92	102.2	102.6
	63.52	69.04	86.99	83.05	83.25	84.62	85.79	84.59	97.54	100.2	97.17	98.61	96.06	100.8	103.2	102.2
	65.11	68.42	85.98	80.66	83.15	84.78	83.46	86.81	96.03	100.6	96.87	99.39	96.2	100.4	102.5	102.4
	65.76	70.27	86.18	79.08	82.81	83.92	83.59	84.33	94.99	97.93	96.24	97.36	95.45	101.8	102.5	103
	63.13	69.74	86.73	79.85	82.87	86.32	85.67	84.65	96.39	98.69	98.76	99.09	96.82	100.1	102.2	103
	63.89	66.98	86.91	79.56	83.97	82.17	84.47	84.48	95.68	99.52	97.88	98.27	96.16	100.9	102.2	101.7
	61.03	69.95	86.26	79.78	82.48	82.61	84.11	83.19	95.94	99.14	98.02	98.45	96.55	100.9	103.2	102.6
	65.85	71.13	86.41	80.63	82.94	83.34	84.46	86.24	97.68	99.74	97.93	97.23	95.72	100.7	102.5	102.8
	62.05	67.89	86.07	79.99	81.26	85.23	84.17	84.89	96.36	99.17	97.43	97.58	96.07	101.5	102.6	102.7
	65.03	70.78	86.47	80.42	84.63	84.67	83.17	86.52	96.73	98.04	98.3	99.79	95.79	101.3	101.8	101.9
	63.03	69.05	86.71	79.58	82.68	83.55	83.58	84.9	95.98	101.1	97.44	98.45	96.07	100.3	102.7	102.8



	66.11	71.04	86.19	80.06	83.68	83.27	83.64	85.08	98.06	98.7	96.78	99.63	96.24	101.2	102.4	102.6
	64.04	68.56	86.06	80.53	84.38	85.88	82.87	84.9	96.85	99.65	96.83	98.86	97.07	100.3	103	102.2
	63.37	67.24	86.73	79.17	82.54	83.78	83.94	85.35	96.24	99.07	97.31	98.18	96.25	101	102.8	102.3
	64.5	69.99	86.66	77.57	83.14	84.69	85.6	86.09	96.52	98.6	97.99	98.93	95.92	100.9	102.1	102.7
	62.45	67.71	89.02	80.68	82.92	84.01	81.31	84.97	95.94	97.75	98.51	97.39	95.78	100.7	102.5	102.4
	62.92	68.31	87.32	80.87	82.18	84.37	82.63	83.49	94.33	100.3	96.76	98.45	96.45	101.7	102.7	102.2
	63.24	68.92	86.23	78.81	82.27	83.7	84.52	85.69	97.47	99.13	96.9	97.6	96.44	100.7	102.2	102.7
	62.81	69.34	87.49	80.24	84.32	84.6	84.1	84.49	96.73	99.9	98.35	97.56	96.71	99.87	102.2	102.6
rata-rata	63.82	69.11	86.82	79.99	83.09	84.26	83.9	85	96.35	99.28	97.5	98.27	96.15	100.8	102.5	102.5
STDEV	1.35	1.31	0.8	1.06	0.81	1.06	1.09	0.94	0.97	0.87	0.71	0.85	0.44	0.55	0.4	0.35

Tabel B 9 SPL bahan 2 ruang sumber setelah perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL (dB)	63.59	67.17	88.24	79.82	83.15	85.84	82.8	83.96	96.77	99.22	96.72	96.7	95.41	100.88	103.1	102.9
	64.93	70.58	87.73	79.52	83.11	83.8	84.08	85.29	94.69	99.3	97.85	97.89	95.78	99.92	102.17	102.6
	63.52	69.04	86.99	83.05	83.25	84.62	85.79	84.59	97.54	100.2	97.17	98.61	96.06	100.76	103.2	102.2
	65.11	68.42	85.98	80.66	83.15	84.78	83.46	86.81	96.03	100.6	96.87	99.39	96.2	100.41	102.52	102.4
	65.76	70.27	86.18	79.08	82.81	83.92	83.59	84.33	94.99	97.93	96.24	97.36	95.45	101.76	102.54	103

	63.13	69.74	86.73	79.85	82.87	86.32	85.67	84.65	96.39	98.69	98.76	99.09	96.82	100.07	102.15	103
	63.89	66.98	86.91	79.56	83.97	82.17	84.47	84.48	95.68	99.52	97.88	98.27	96.16	100.87	102.16	101.7
	61.03	69.95	86.26	79.78	82.48	82.61	84.11	83.19	95.94	99.14	98.02	98.45	96.55	100.94	103.23	102.6
	65.85	71.13	86.41	80.63	82.94	83.34	84.46	86.24	97.68	99.74	97.93	97.23	95.72	100.67	102.46	102.8
	62.05	67.89	86.07	79.99	81.26	85.23	84.17	84.89	96.36	99.17	97.43	97.58	96.07	101.5	102.6	102.7
	65.03	70.78	86.47	80.42	84.63	84.67	83.17	86.52	96.73	98.04	98.3	99.79	95.79	101.33	101.75	101.9
	63.03	69.05	86.71	79.58	82.68	83.55	83.58	84.9	95.98	101.1	97.44	98.45	96.07	100.29	102.65	102.8
	66.11	71.04	86.19	80.06	83.68	83.27	83.64	85.08	98.06	98.7	96.78	99.63	96.24	101.21	102.37	102.6
	64.04	68.56	86.06	80.53	84.38	85.88	82.87	84.9	96.85	99.65	96.83	98.86	97.07	100.31	102.98	102.2
	63.37	67.24	86.73	79.17	82.54	83.78	83.94	85.35	96.24	99.07	97.31	98.18	96.25	101.04	102.78	102.3
	64.5	69.99	86.66	77.57	83.14	84.69	85.6	86.09	96.52	98.6	97.99	98.93	95.92	100.93	102.13	102.7
	62.45	67.71	89.02	80.68	82.92	84.01	81.31	84.97	95.94	97.75	98.51	97.39	95.78	100.7	102.52	102.4
	62.92	68.31	87.32	80.87	82.18	84.37	82.63	83.49	94.33	100.3	96.76	98.45	96.45	101.72	102.69	102.2
	63.24	68.92	86.23	78.81	82.27	83.7	84.52	85.69	97.47	99.13	96.9	97.6	96.44	100.67	102.18	102.7
	62.81	69.34	87.49	80.24	84.32	84.6	84.1	84.49	96.73	99.9	98.35	97.56	96.71	99.87	102.17	102.6
rata-rata	63.82	69.11	86.82	79.99	83.09	84.26	83.9	85	96.35	99.28	97.5	98.27	96.15	100.79	102.52	102.52
STDEV	1.35	1.31	0.8	1.06	0.81	1.06	1.09	0.94	0.97	0.87	0.71	0.85	0.44	0.55	0.4	0.35

Tabel B 10 SPL bahan 3 ruang sumber setelah perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL (dB)	63.59	67.17	88.24	79.82	83.15	85.84	82.8	83.96	96.77	99.22	96.72	96.7	95.41	100.88	103.1	102.91
	64.93	70.58	87.73	79.52	83.11	83.8	84.08	85.29	94.69	99.3	97.85	97.89	95.78	99.92	102.17	102.6
	63.52	69.04	86.99	83.05	83.25	84.62	85.79	84.59	97.54	100.2	97.17	98.61	96.06	100.76	103.2	102.15
	65.11	68.42	85.98	80.66	83.15	84.78	83.46	86.81	96.03	100.6	96.87	99.39	96.2	100.41	102.52	102.44
	65.76	70.27	86.18	79.08	82.81	83.92	83.59	84.33	94.99	97.93	96.24	97.36	95.45	101.76	102.54	103.01
	63.13	69.74	86.73	79.85	82.87	86.32	85.67	84.65	96.39	98.69	98.76	99.09	96.82	100.07	102.15	103.03
	63.89	66.98	86.91	79.56	83.97	82.17	84.47	84.48	95.68	99.52	97.88	98.27	96.16	100.87	102.16	101.74
	61.03	69.95	86.26	79.78	82.48	82.61	84.11	83.19	95.94	99.14	98.02	98.45	96.55	100.94	103.23	102.57
	65.85	71.13	86.41	80.63	82.94	83.34	84.46	86.24	97.68	99.74	97.93	97.23	95.72	100.67	102.46	102.84
	62.05	67.89	86.07	79.99	81.26	85.23	84.17	84.89	96.36	99.17	97.43	97.58	96.07	101.5	102.6	102.68
	65.03	70.78	86.47	80.42	84.63	84.67	83.17	86.52	96.73	98.04	98.3	99.79	95.79	101.33	101.75	101.88
	63.03	69.05	86.71	79.58	82.68	83.55	83.58	84.9	95.98	101.1	97.44	98.45	96.07	100.29	102.65	102.84
	66.11	71.04	86.19	80.06	83.68	83.27	83.64	85.08	98.06	98.7	96.78	99.63	96.24	101.21	102.37	102.62
	64.04	68.56	86.06	80.53	84.38	85.88	82.87	84.9	96.85	99.65	96.83	98.86	97.07	100.31	102.98	102.24
	63.37	67.24	86.73	79.17	82.54	83.78	83.94	85.35	96.24	99.07	97.31	98.18	96.25	101.04	102.78	102.25
	64.5	69.99	86.66	77.57	83.14	84.69	85.6	86.09	96.52	98.6	97.99	98.93	95.92	100.93	102.13	102.72

	62.45	67.71	89.02	80.68	82.92	84.01	81.31	84.97	95.94	97.75	98.51	97.39	95.78	100.7	102.52	102.39
	62.92	68.31	87.32	80.87	82.18	84.37	82.63	83.49	94.33	100.3	96.76	98.45	96.45	101.72	102.69	102.24
	63.24	68.92	86.23	78.81	82.27	83.7	84.52	85.69	97.47	99.13	96.9	97.6	96.44	100.67	102.18	102.65
	62.81	69.34	87.49	80.24	84.32	84.6	84.1	84.49	96.73	99.9	98.35	97.56	96.71	99.87	102.17	102.56
rata-rata	63.82	69.11	86.82	79.99	83.09	84.26	83.9	85	96.35	99.28	97.5	98.27	96.15	100.79	102.52	102.52
STDEV	1.35	1.31	0.8	1.06	0.81	1.06	1.09	0.94	0.97	0.87	0.71	0.85	0.44	0.55	0.4	0.35

**B.5 Data SPL Ruang Penerima Setelah Perbaikan**

Tabel B 11 SPL bahan 1 ruang penerima setelah perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	49.28	55.84	71.95	68.36	65.11	69.16	65.3	67.62	78.54	82.3	78.58	79.35	79.72	79.57	78.82	82.28
	49.64	56.27	75.1	68.39	66.09	72.2	64.9	70.48	79.35	80.23	78.63	80.7	78.39	78.75	78.96	83.26
	47.3	58.22	75.59	68.38	63.06	68.54	63.13	68.61	79.16	81.78	78.01	80.23	79.16	78.22	78.02	82.94
	49.43	56.77	70.31	67.64	62.54	72.54	61.2	66.85	78.95	81.63	79.53	79.49	78.83	80.13	78.86	82.6
	47.28	57.97	76.12	68.38	64.31	69.17	64.99	67.46	77.69	81.49	78.71	79.29	80.2	79.38	78.61	83.58
	47.78	59.25	77.45	67.04	65.47	70.65	61.6	66.72	80.59	82.42	79.29	79.42	79.24	78.71	78.44	81.75
	46.15	59.45	76.45	67.94	64.31	70.85	63.2	70.29	77.65	81.75	78.26	80.39	79.22	79.6	78.57	82.24
	46.56	53.78	73.62	65.18	64.63	71.6	64.22	67.75	77.54	80.62	78.29	79.74	78.55	78.51	78.82	81.87

	49.77	54.37	74.62	67.27	63.05	71.1	60.23	67.69	76.02	80.8	78.73	79.61	78.44	79.55	78.93	83.35
	42.41	56.1	76.02	68.16	65.88	71.24	64.23	66.04	80.87	81.54	79.12	80.56	78.63	79.53	78.49	82.23
	46.88	55.95	71.81	67.27	62.15	70.7	64	67.08	80.04	81.36	80.37	80.6	78.57	78.97	78.82	83.16
	46.98	56.67	75.1	68.43	63.67	70.21	65.64	69.32	76.14	81.14	78.21	80	78.67	78.21	79.01	82.81
	49.81	54.53	72.38	66.1	63.26	69.54	62.85	71.72	77.48	81.82	78.65	80.19	78.5	79.04	78.23	82.51
	46.89	53.04	71.95	67.55	64.44	67.35	64.13	67.77	79.35	80.18	80.01	79.53	79.26	78.71	78.33	82.99
	46.31	55.32	71.78	65.69	63.94	67.81	60.17	69.97	76.86	78.95	75.93	77.98	77.23	77.2	76.58	81.15
	48.57	55.41	75.18	66.66	63.51	70.47	63.58	66.76	77.31	81.15	77.42	80.43	78.76	79.36	79.29	82.4
	47.66	57.84	76.97	68.52	64.45	69.71	62.94	65.92	74.94	81.43	78.94	80.77	77.84	79.41	78.95	82.59
	48.03	58.57	72.74	67.98	65.18	68.72	62.52	68.45	79.65	81.27	80.95	78.86	78.85	78.76	78.03	82.91
	49.75	58.32	73.4	66.44	66.45	71.17	62.05	66.96	78.72	82.92	79.28	81.3	79.2	79.89	79.19	83.63
	51.55	57.44	72.73	68.11	63.23	72.97	65.62	67.08	78.68	81.87	78.33	79.31	78.06	79.2	77.86	82.9
rata-rata	47.9	56.56	74.06	67.47	64.24	70.29	63.33	68.03	78.28	81.33	78.76	79.89	78.77	79.04	78.54	82.66
STDEV	1.96	1.82	2.05	1	1.2	1.53	1.66	1.58	1.57	0.88	1.07	0.78	0.65	0.68	0.61	0.63

Tabel B 12 SPL bahan 2 ruang penerima setelah perbaikan.

freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	55.61	62.32	77.73	70.62	64.38	72.19	61.79	65.09	78.04	79.68	79.63	73.64	69.08	70.41	71.82	73.58

	54.89	62.48	80.08	69.74	63.42	69.75	64.25	64.88	75.94	80.04	77.47	73.19	69.35	69.4	71.3	73.95
	52.34	61.42	76.97	71.41	66.06	69.53	64.31	64.99	77.59	79.77	78.72	74.09	69.65	70.8	71.93	74.3
	53.58	61.02	77.01	72.1	67.08	73.19	62.51	65.3	78.18	79.98	79.05	74.39	69.15	69.26	72.34	74.01
	54.46	63.07	74.82	69.3	63.36	72.38	62.36	65.81	77.62	80.51	79.33	73.13	69.56	69.84	72.31	74.57
	54.85	63.71	76.37	70.36	64.85	72.56	63.95	66.2	76.09	80.91	79.3	74.49	69.57	70.19	72.39	74.28
	53.45	59.56	77.8	70.18	66.52	74.12	64.9	65.58	76.95	78.87	78.18	74.47	68.73	70.97	72.03	73.99
	53.71	64.88	80.77	71.53	62.18	70.95	62.06	64.87	78.79	80.91	78.88	73.91	67.74	69.55	72.35	73.72
	52.38	61.36	80.73	70.7	64.67	71.86	65	64.27	79.77	79.72	78.8	74.46	69.35	69.65	72.12	74.57
	52.31	62.59	77.08	71.09	62.81	71.41	64.84	64.23	77.46	80.01	79.36	74.33	69.13	69.92	71.99	74.22
	54.81	60.61	76.2	70.35	63.98	69.5	64.48	65.91	78.83	79.54	79.4	72.99	69.78	69.07	72.2	74.36
	55.41	62.29	77.22	71.81	64.92	70.74	61.98	67.07	78.86	79.95	77.8	74.01	69.53	69.1	71.83	74.59
	52.84	63.66	79.8	72.09	65.07	71.27	62.77	64.59	75.48	80.27	78.88	74.75	68.9	69.47	72.17	73.73
	55.34	61.67	77.68	70.53	65.08	69.34	63.35	65.47	77.44	80.41	80.24	73.56	68.43	68.54	71.25	74.51
	52.46	63.48	77.16	70.72	63.74	69.42	67.77	64.06	77.22	79.64	79.88	73.77	69.82	70.13	71.96	73.94
	51.85	61.42	77.27	71.64	64.9	72.31	65.51	64.03	78.11	78.82	79.1	74.45	69.19	69.48	71.97	74.37
	52.77	60.44	77.17	69.48	64.94	71.87	62.13	64.49	77.22	80.72	78.01	73.47	70.35	70.04	71.17	74.36
	54.03	61.8	77.43	70.4	62.84	73.04	62.62	64.55	76.8	78.97	78.47	72.6	69.01	70.07	72.19	73.1
	54.09	59.93	77.44	71.92	64.04	71.59	60.92	66.53	76.29	81.53	77.97	74.29	69.19	69.48	73.37	75.36

	55	61.54	78.69	70.84	64.55	74.63	61.14	66.27	77.27	79.91	80.12	72.95	69.27	70.14	72.63	75.11
rata-rata	53.81	61.96	77.77	70.84	64.47	71.58	63.43	65.21	77.5	80.01	78.93	73.85	69.24	69.78	72.07	74.23
STDEV	1.21	1.36	1.53	0.84	1.24	1.55	1.71	0.88	1.09	0.7	0.77	0.63	0.55	0.59	0.49	0.51

Tabel B 13 SPL bahan 3 ruang penerima setelah perbaikan.

Freq	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
SPL(dB)	40.09	51.17	56.32	62.75	56.78	58.64	54.13	55.37	61.03	66.7	68.71	68.29	67.14	68.23	66.18	65.86
	40.65	52.24	58.59	63.23	57.71	56.55	55.27	57.01	63.54	68.37	68.08	68.81	66.06	68.45	66.5	67.04
	40.55	53.04	58.61	63.7	59.81	58.62	55.97	54.78	61.93	69.26	68.75	68.43	66.7	68.39	66.51	66.75
	40.77	51.07	58.11	63.93	57.73	58.92	53.98	55.61	63.27	67.53	69.68	68.44	66.65	69.11	67.22	64.93
	37.49	50.37	55.77	63.89	59.12	57.55	54.85	54.18	64.83	66.66	67.9	68.76	66.2	68.71	66.32	66.63
	38.01	52.48	55.72	62.92	58.54	60.71	55.57	55.95	61.47	68.99	68.09	68.23	65.36	69.33	66.43	67.51
	42.26	52.54	56.73	61.2	56.08	59.09	56.48	54.77	63.72	67.7	68.29	68.68	65.53	68.87	67.19	65.17
	42.29	53.36	57.84	62.51	58.6	60.45	55.27	54.27	63.29	68.05	68.69	68.01	66.28	69.87	66.17	66.27
	42.9	49.58	57.3	62.52	60.34	60.79	56.08	56.25	63.32	67.1	68.86	69.01	66.66	69.16	66.5	66.59
	42.52	49.38	58.13	63.98	59.99	58.13	54.09	55.62	63.32	66.14	69.3	67.92	66.59	68.67	67.24	65.58
	40.43	52.35	57.03	64.78	60.82	60.87	54.44	55.43	61.48	67.12	69.86	69.59	67.13	68.08	66.74	65.9
	40.44	48.88	56.07	63.51	57.46	57.99	55.61	54.33	62.68	67.29	68.15	69.23	66.39	69.05	67.36	65.49
	40.92	48.96	55.8	63.9	55.16	58.83	55.98	55.37	61.5	67.62	70.22	68.87	66.38	69.42	67.21	65.1

	41.55	53.93	58.4	63.9	56.69	59.43	54.37	56	62.43	67.75	68.48	68.53	65.36	69.12	66.35	65.48
	43.15	51.68	60.02	64.39	57.95	58.34	53.91	54.27	62.55	67.41	70.13	69.21	66.73	68.57	66.18	65.82
	43.1	52.63	55.86	62.89	58.6	58	54.72	55.77	61.17	67.44	68.43	69.54	66.16	69.3	66.53	66.57
	39.45	51.44	57.52	64.96	59.39	59.76	56.01	55.84	62.32	67.16	68.68	70.75	66.45	69.72	67.26	66.25
	44.02	48.38	57.2	63.32	58.83	59.7	53.72	55.4	62.78	67.24	68.34	69.63	66.34	69.33	66.35	65.93
	42.16	51.52	56.95	62.78	56.76	59.17	55.21	55.86	63.34	65.92	69.38	69.41	66.25	70.47	66.61	66.62
	41.56	50.65	60.37	64.87	58.5	59.55	53.77	54.85	62.73	67.78	67.97	68.76	66.39	69.04	67.12	66.04
rata-rata	41.22	51.28	57.42	63.5	58.24	59.05	54.97	55.35	62.64	67.46	68.8	68.91	66.34	69.04	66.7	66.08
STDEV	1.68	1.6	1.36	0.93	1.48	1.14	0.89	0.75	0.99	0.82	0.72	0.67	0.49	0.58	0.42	0.68



## B.6 Waktu Dengung Setelah Perbaikan Ruang Sumber

Tabel B 14 Waktu dengung setelah perbaikan ruang sumber

Freq	T20 [s]	T30 [s]	T_custom [s]	EDT [s]
All(F)	0.617	0.598	0.689	2.325
All(A)	0.613	0.577	0.679	2.356
125	0.736	0.656	1.04	2.474
160	0.793	0.655	0.83	2.484
200	0.745	0.708	0.871	2.28
250	0.718	0.614	0.751	2.473
315	0.792	0.676	0.896	2.311
400	0.565	0.336	0.803	2.301
500	0.794	0.784	0.801	2.084
630	0.684	0.527	0.855	2.107
800	1.082	0.689	1.214	2.156
1000	0.517	0.441	0.574	2.3
1250	0.492	0.468	0.698	2.356
1600	0.638	0.628	0.699	2.416
2000	0.672	0.648	0.722	2.414
2500	0.614	0.51	0.666	2.287
3150	0.66	0.637	0.727	2.416
4000	0.628	0.596	0.843	2.39

## B.7 SPL Sebelum Menggunakan Sumber

Tabel B.15 SPL diluar ruangan tanpa sumber bunyi

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	48.59	19.25	31.13	40.27	41.5	37.88	37.22
	49.63	19.82	32.43	38.18	41.73	39.8	42.08
	47.75	18.98	29.18	37.56	38.93	37.15	37.23
	47.68	22.38	30.78	36.46	38.99	36.82	37.34
	47.45	22.41	28.77	36.76	37.28	36.64	36.96
	47.47	23.42	29.74	35.06	38.37	36.84	37.16
	47.14	24.47	29.2	33.98	37.21	35.69	36.65
	47.33	23.63	31.02	35.06	37.82	36.17	36.5
	47.53	26.13	30.04	34.56	38.53	36.39	37.89
	47.67	22.79	31.53	36.63	39.12	36.3	36.94
	47.63	20.44	33.18	34.37	39.1	36.96	37.29
	47.43	24.67	30.99	34.05	38.45	36.5	37.08
	47.47	21.15	28.82	33.89	38.29	37.08	37.47
	47.22	22.76	28.37	33.67	37.38	36.11	37.11
	47.31	23.21	30.29	33.93	37.56	36.28	37.19
	47.16	20.77	28.24	33.66	37.08	35.93	37.06
	47.3	20.11	29.73	33.77	37.44	36.09	37.75
	47.23	21.33	30.17	33.65	37.61	36.14	37.16
	47.14	18.49	28.66	33.47	37.25	36.21	37.17
	47.02	18.22	27.74	32.82	36.77	35.68	36.71
STDEV	0.59	2.21	1.44	1.93	1.34	0.92	1.15
rata-rata	47.56	21.72	30.00	35.09	38.32	36.63	37.40

Tabel B.16 SPL di ruang tanpa sumber pada titik 1

Freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	46.37	15.64	18.65	25.06	30.36	33.72	36.69

	46.37	15.58	20.23	27.93	31.05	33.9	36.27
	46.36	12.18	18.05	26.09	30.5	33.62	36.74
	46.29	14.81	19.19	24.79	30.46	33.36	36.25
	46.35	11.84	18.35	25.81	30.73	33.88	36.23
	46.35	12.13	17.59	25.18	30.89	34.21	36.31
	46.31	13.78	18.82	25.03	29.91	33.63	36.31
	46.32	13.64	18.37	25.32	30.75	34.01	36.17
	46.33	13.88	17.44	24.82	30.77	33.37	36.23
	46.36	12.28	18.36	24.92	30.95	33.94	36.33
	46.31	17.34	18.59	26	30.19	33.46	36.21
	46.36	13.39	19.78	25.24	30.77	33.4	36.22
	46.36	13.05	18.43	26.18	31.1	33.31	36.3
	46.39	12.19	18.96	25.26	31.01	33.76	36.33
	46.29	12	17.85	25.65	29.95	33.67	36.18
	46.36	13.12	17.79	25.87	30.2	33.51	36.35
	46.35	13.34	19.96	25.69	30.52	33.9	36.15
	46.28	13.94	16.53	25.4	30.64	33.77	36.22
	46.32	14.12	16.83	25.26	30.8	33.88	36.41
	46.38	16.7	17.38	26.37	30.75	34.14	36.2
STDEV	0.03	1.58	0.98	0.72	0.35	0.26	0.16
rata-rata	46.34	13.75	18.36	25.59	30.62	33.72	36.31

**Tabel B.17** SPL di ruang tanpa sumber pada titik 2

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	46.51	15.95	26.71	30.01	31.5	33.78	36.13
	46.38	13.3	18.53	25.79	30.95	33.55	36.24
	46.54	14.07	26.87	29.43	31.83	34.16	36.44
	46.43	15.06	18.63	25.12	31.14	33.66	36.57
	46.34	13.21	21.67	26.55	30.68	33.67	36.15

	46.35	12.55	19.11	26.09	30.17	33.55	36.33
	46.54	14.18	26.74	29.97	32.03	34.1	36.48
	46.36	12.89	19.07	25.82	30.61	33.85	36.53
	46.38	13.31	18.73	24.46	30.8	34.09	35.93
	46.33	12.74	19.03	26.15	30.54	33.81	36.06
	46.4	13.91	20.08	26.2	31.25	33.64	36.35
	46.41	13.47	22.99	27.79	31.36	33.75	35.79
	46.4	14.03	18.79	25.67	30.13	34.08	36.35
	46.51	15.12	25.25	29.19	31.47	33.95	36.63
	46.46	12.94	19.27	25.72	30.76	33.84	36.25
	46.42	13.46	21.29	26.38	30.94	33.64	36.31
	46.28	14.96	19.52	26.65	30.22	33.56	36.12
	46.36	12.45	19.41	25.2	30.62	33.56	36.48
	46.35	12.28	18.38	25.05	30.54	33.67	36.27
	46.45	11.33	17.69	26.36	30.75	33.6	36.57
STDEV	0.07	1.12	3.09	1.68	0.53	0.20	0.22
rata-rata	46.41	13.56	20.89	26.68	30.91	33.78	36.30

**Tabel B.17** SPL di ruang tanpa sumber pada titik 3

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	46.32	12.34	18.7	25.13	30.46	33.23	36.67
	46.39	14.48	18.75	26.22	30.56	33.82	36.33
	46.39	12.76	19.38	25.8	30.73	34	36.51
	46.33	10.22	21.31	26.44	30.39	33.07	36.48
	46.46	14.24	19.84	26.32	30.8	34.3	36.41
	46.44	11.27	21.78	27.21	30.88	33.87	36.71
	46.38	14.03	18.84	25.13	30.63	33.97	36.09
	46.48	13.84	20.36	26.31	31.1	33.78	36.57
	46.43	13.11	18	25.53	30.69	33.77	36.41

	46.38	12.94	18.43	25.46	30.4	33.38	36.32
	46.38	16.22	18.42	25.38	30.86	33.48	36.49
	46.41	13.1	21.76	27.61	30.71	33.99	35.99
	46.37	12.82	18.26	24.58	30.17	33.57	35.95
	46.39	12.46	20.04	24.98	30.42	33.19	36.29
	46.42	14.54	18.46	25.65	30.52	33.86	36.4
	46.38	13.4	18.85	26.62	30.09	33.28	36.19
	46.49	12.74	22.17	27.26	31.41	33.45	36.59
	46.37	14.73	18.94	25.37	30.36	33.52	36.3
	46.42	12.56	18.3	25.24	30.32	33.43	36.02
	46.48	16.14	21.05	25.59	30.91	34.09	36.32
STDEV	0.05	1.45	1.36	0.83	0.32	0.34	0.22
rata-rata	46.41	13.40	19.58	25.89	30.62	33.65	36.35

**Tabel B.18** SPL di ruang tanpa sumber pada titik 4

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	46.35	14.83	17.91	25.37	30.2	33.41	36.28
	46.38	14.5	18.79	26.12	31.11	33.35	36.4
	46.4	13.46	19.23	25.47	30.27	33.75	36.56
	46.37	13.32	20.46	25.73	30.86	33.37	36.01
	46.35	15.69	19.11	25.77	30.75	33.96	36.12
	46.35	17.36	18.25	26.11	30.55	33.55	36.36
	46.42	14.5	18.18	25.58	30.8	33.73	36.41
	46.45	15.99	20.77	26.35	31.13	33.7	36.42
	46.4	16.31	20.02	24.67	30.49	33.73	36.35
	46.35	16.09	18.11	25.5	30.32	33.56	36.45
	46.37	16.28	17.78	25.71	30.13	33.16	36.08
	46.35	14.34	19.31	25.17	31	33.48	36.41
	46.31	19.43	18.62	24.72	30.28	33.05	36.24

	46.32	12.16	19.46	25.64	30.5	33.5	36.2
	46.31	12.93	19.75	24.6	30.79	33.14	36.31
	46.37	16.47	20.49	25.58	30.96	33.55	36.19
	46.35	15.81	17.73	25.02	29.98	33.42	36.21
	46.42	13.29	19.38	25.74	29.84	33.94	36.42
	46.38	12.84	18.75	24.99	30.23	33.16	36.3
	46.43	15.51	21.99	26.99	31.25	33.36	36.4
STDEV	0.04	1.78	1.13	0.59	0.41	0.26	0.14
rata-rata	46.37	15.06	19.20	25.54	30.57	33.49	36.31

**B.7 SPL Setelah Menggunakan Sumber**

**Tabel B.19** SPL diluar ruang dengan sumber pada titik 1

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	107.1	75.6	85.99	93.9	99.76	100.92	103.54
	107.63	76.5	83.9	94.28	100.97	101.26	103.94
	107.6	76.69	84.28	93.91	100.73	101.42	103.95
	107.35	76.6	85.72	94.48	100.07	101.43	103.59
	107.46	75.1	85.75	93.22	99.97	101.62	103.9
	107.34	76.84	84.68	93.86	100.05	101.16	103.78
	107.26	78.65	85.24	93.84	100.08	101.07	103.64
	107.19	76.17	85.37	95.09	99.82	101.28	103.33
	107.67	75.9	85.55	94.04	100.69	101.63	104.04
	107.43	75.62	84.61	93.92	100.44	101.55	103.67
	107.62	76.88	85.28	94	100.27	101.86	103.92
	107.54	77.46	85.05	93.78	100.11	101.69	103.93
	107.34	75.31	85.85	94.73	100.28	101.22	103.52
	107.54	75.63	84.58	93.33	100.51	101.63	103.85
	107.38	76.44	85.75	92.9	100.19	101.54	103.71
	107.5	77.66	85.03	93.54	99.69	101.84	103.93

	107.59	75.17	84.02	94.01	100.4	101.55	103.98
	107.65	76	85.57	93.63	100.34	101.31	104.27
	107.72	75.76	84.03	95.31	100.97	101.15	104.12
	107.43	76.01	84.85	93.65	100.9	101.3	103.58
STDEV	0.17	0.90	0.66	0.59	0.39	0.26	0.23
rata-rata	107.47	76.30	85.06	93.97	100.31	101.42	103.81

**Tabel B.20** SPL di dalam ruang dengan sumber pada titik 1

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
	72.51	54.57	61.68	66.94	68.12	61.72	64.82
	72.94	61.26	63.46	67.95	66.98	61.33	65.22
	72.78	53.28	64.27	66.86	68.23	61.59	64.83
	72.19	54.93	62.22	66.54	67.49	61.15	64.82
	71.95	55.79	65.04	65.16	65.6	62.34	65.18
	72.66	58.14	61.24	67.6	67.75	61.55	65.05
	72.8	50.31	61.5	66.89	68.91	61.55	65.25
	72.61	57.88	63.45	66.64	67.76	62.09	64.82
	72.66	58.3	62.32	67.18	67.88	60.99	65.22
	72.12	57.28	62.27	65.92	67.44	60.49	65.26
	72.66	55.82	62.68	67.12	67.9	61.93	65.08
	72.32	59.26	61.73	65.6	68.09	62.07	64.59
	72.44	60.91	62.6	66.84	66.94	61.02	65.13
	71.77	54.9	61.13	65.66	67.08	61.49	64.89
	72.47	54.9	62.66	67.45	67.11	61.12	65.28
	72.57	56.11	61.76	67.78	67.53	61.4	64.72
	72.69	60.75	61.76	67.46	67.52	60.72	65.21
	71.83	57.53	61.83	67.06	65.59	61.08	64.77
	71.7	50.95	63.37	66.65	65.54	61.39	64.46
SPL	72.95	55.9	63.3	66.83	68.87	62.31	64.56
STDEV	0.38	2.99	1.03	0.74	0.96	0.51	0.26

rata-rata	72.43	56.44	62.51	66.81	67.42	61.47	64.96
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**Tabel B.21** SPL di luar ruang dengan sumber pada titik 2

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	109.71	73.49	84.77	93.97	101.44	103.24	107.05
	109.87	74.61	83.63	93.75	101.48	103.35	107.28
	109.99	75.6	84.65	93.8	101.29	102.8	107.71
	109.75	76.73	84.23	93.29	100.56	102.77	107.52
	109.83	76.9	85.3	92.74	101.36	103.47	107.23
	109.6	74.2	84.27	91.69	100.92	103.19	107.08
	109.69	75.32	84.83	94.08	101.19	102.81	107.25
	109.69	73.6	85.82	92.52	100.6	102.81	107.39
	109.58	75.54	84.7	92.69	101.81	102.44	107.06
	109.87	74.01	84.58	93.19	101.24	103.14	107.46
	109.46	74.99	83.53	94.07	101.22	102.47	106.98
	109.93	74.15	85.21	93.84	101.53	102.71	107.6
	109.91	77.28	85.83	93.39	101.55	102.77	107.57
	109.52	74.16	84.25	93.36	100.85	102.43	107.21
	109.69	73.99	84.86	92.88	101.36	103.12	107.13
	109.68	74.53	85.51	93.58	100.45	103.05	107.34
	109.81	73.14	85.86	93.17	101.04	102.94	107.44
	109.68	75.61	83.93	93.8	100.49	102.98	107.33
	109.56	72.49	85.17	93.53	100.98	102.68	107.15
	109.76	73.16	82.98	93.43	101.15	102.92	107.36
STDEV	0.14	1.31	0.80	0.60	0.38	0.29	0.20
rata-rata	109.73	74.68	84.70	93.34	101.13	102.90	107.31

**Tabel B.22** SPL di dalam ruang dengan sumber pada titik 2

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------



SPL	70.94	59.87	56.12	63.52	64.79	62.82	65.62
	72.01	59.56	59.63	66.62	64.74	63.18	66.23
	73.32	64.08	58.43	69.13	65.98	63.55	65.5
	71.75	58.37	61.28	65.26	65.42	63.05	65.91
	70.67	55.51	57.95	63.31	65.02	62.62	65.25
	73.16	58.55	59.44	70.02	64.84	63.17	65.77
	71.82	62.47	58.37	65.71	64.49	63.23	65.84
	71.5	60.52	56.82	64.28	64.9	63.21	66.46
	72.17	59.17	57.94	67.85	64.64	62.94	65.88
	71.66	61.97	58.06	65.38	64.96	63.02	65.58
	71.45	59.68	56.56	64.74	64.66	62.66	66.66
	73.3	55.88	58.43	70.68	65.16	62.58	65.26
	71.8	60.01	58.82	64.98	65.65	63.69	66.02
	71.81	57.37	56.85	66.1	65.67	63.24	66.14
	71.72	54.25	57.82	66.96	64.75	62.87	65.95
	72.12	60.78	57.97	66.17	65.92	63.13	66.18
	72.33	60.56	57.2	68.31	64.3	62.89	65.81
	71.82	60.35	57.95	66.33	64.38	63.76	65.88
	70.36	54.24	58.21	65.75	63.23	61.58	64.01
	72.72	55.91	58.15	69.14	65.18	63.6	65.7
STDEV	0.79	2.70	1.16	2.09	0.63	0.48	0.55
rata-rata	71.92	58.96	58.10	66.51	64.93	63.04	65.78

**Tabel B.23** SPL di luar ruang dengan sumber pada titik 3

freq	ALL	125	250	500	1k	2k	4k
SPL	107.44	73.03	86.57	94.26	100.95	102.18	103.27
	107.41	70.23	86.57	93.46	100.87	102	103.42
	107.59	69.84	87.38	93.7	100.91	102.15	103.7
	107.59	71.87	86.06	93.49	101.45	102.16	103.43

	107.48	74.46	86.43	93.39	101.17	102.51	103.04
	107.73	71.79	86.39	94.24	101.13	102.82	103.4
	107.62	71.68	87.76	92.53	101.43	102.43	103.36
	107.62	72.73	87.76	93.65	100.9	102.63	103.42
	107.39	73.84	86.82	93.57	101.1	102.07	103.17
	107.45	72.76	86.92	94.32	101.05	102.61	102.8
	107.41	70.97	88.15	93.38	101.15	102.01	103.23
	107.9	72.67	87	93.92	101.51	102.44	103.9
	107.38	69.68	86.88	94.68	100.73	102.12	103.19
	107.57	72.3	86.57	93.19	100.89	102.78	103.2
	107.46	71.9	88	93.67	100.92	102.39	103.18
	107.67	71.46	86.08	94.59	100.84	102.8	103.34
	107.55	72.35	85.99	93.66	101.33	102.26	103.31
	107.56	72.54	86.83	93.02	101.15	102.37	103.41
	107.54	73.63	85.89	92.83	100.88	102.4	103.49
	107.52	71.62	87.23	92.78	100.76	102.17	103.63
STDEV	0.13	1.26	0.67	0.59	0.23	0.26	0.24
rata-rata	107.54	72.07	86.86	93.62	101.06	102.37	103.34

**Tabel B.24** SPL di dalam ruang dengan sumber pada titik 3

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	75.11	62.02	66.97	71.36	66.32	64.05	67.19
	74.39	65.42	65.8	68.1	66.68	63.89	68
	75.77	65.34	69.1	71.33	66.87	64.77	66.51
	74.94	66.94	66.76	69.31	67.03	63.47	67.24
	76.1	62.63	68.86	72.82	66.79	63.81	66.76
	75.52	62.78	69.31	71.17	66.42	63.9	67.07
	75.15	62.46	66.4	71.41	67.42	63.88	66.65
	75.26	65.88	66.87	70.75	66.68	63.33	67.6
	75.47	66.62	66.16	71.15	67.42	63.59	67.22

	75.72	64.9	67.22	71.31	68.17	63.95	67.89
	74.99	63.36	67.3	69.72	67.6	64.96	67.4
	75.02	63.39	66.54	71.05	66.68	63.96	66.98
	75.93	59.72	66.34	72.54	68.65	64.52	67.55
	75.53	64.97	67.4	71.44	67.15	64.28	67.02
	75.51	64.35	66.8	71.47	67.1	64.44	67.67
	74.96	65.62	67.44	68.44	68.31	64.74	67.05
	74.94	63.29	66.01	70.63	67.73	63.97	66.87
	75.99	64.53	65.5	72.71	67.55	64.72	67.58
	74.86	63.48	66.39	70.58	66.62	64.36	67.06
	75.56	63.56	69.29	70.2	67.81	64.53	67.55
STDEV	0.44	1.74	1.16	1.25	0.65	0.46	0.40
rata-rata	75.34	64.06	67.12	70.87	67.25	64.16	67.24

**Tabel B.25** SPL di luar ruang dengan sumber pada titik 4

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	112.11	77.66	92.54	97.96	104.37	104.49	109.35
	111.88	76.58	91.48	99.5	104.58	104.06	108.88
	112.18	78.64	92.09	98.77	104.91	104.6	109.21
	112.05	79.98	90.74	97.33	105.3	104.73	108.84
	112.02	79	91.42	98.69	105.15	103.76	109.09
	111.95	78.56	91.53	99.51	104.45	104.14	109.05
	112.08	79.6	90.58	98.58	104.91	104.63	109.08
	112	77.99	92.55	99.47	104.59	104.36	108.98
	111.96	76.89	90.83	98.75	104.87	104.39	108.93
	112.28	78.79	90.75	97.87	105.06	104.88	109.33
	112.27	77.82	91.66	98.62	104.2	104.91	109.51
	111.86	75.43	92.2	99.73	104.68	103.8	108.87
	111.94	77.75	89.1	98.98	105.11	103.74	109.01
	112.08	78.28	91.81	98.31	104.79	104.28	109.18

	112.31	77.65	92.27	98.77	104.95	104.06	109.64
	112.06	80.61	92.04	98.55	105.03	104.14	109.09
	112.13	76.16	94.18	98.47	105.06	104.56	109.09
	112.1	79.15	93.32	100.05	104.87	104.88	108.81
	111.46	74.82	91.58	98	103.85	103.51	108.71
	112.01	75.64	91.48	98.14	104.77	104.09	109.16
STDEV	0.18	1.55	1.07	0.69	0.35	0.41	0.24
rata-rata	112.04	77.85	91.71	98.70	104.78	104.30	109.09

**Tabel B.26** SPL di dalam ruang dengan sumber pada titik 4

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	75.27	62.79	65.62	69.8	70.53	66.07	64.79
	75.92	62.28	66.68	70.98	71.07	65.98	65.15
	75.84	59.06	66.91	72.29	69.34	65.88	65.04
	75.97	59.74	68.58	70.11	71.15	66.32	65.66
	75.53	58.86	67.29	70.68	70.24	66.07	64.98
	76.24	63.56	67.66	72.1	70.03	66.22	65.18
	75.55	62.2	67.18	70.71	70.12	65.83	64.77
	76.76	59.18	67.93	72.93	71.24	66.49	64.61
	75.11	62.2	67.17	69.22	69.69	66.96	64.32
	74.71	56.58	64.26	69.73	70.09	65.75	64.76
	74.76	59.81	66.32	68.86	70	65.88	64.75
	76.73	57.17	66.59	73.76	70.54	65.84	64.76
	74.82	60.84	66.34	68.26	70.27	66.3	64.88
	75.57	59.42	68.71	70.52	69.63	66.04	65.01
	75.9	59.7	68	71.45	70.06	66.03	65.36
	75.33	56.11	65.32	70.41	70.78	65.76	65.38
	75.56	59.67	69.13	68.61	70.72	66.71	64.71
	75.92	62.84	68.05	69.83	71.12	66.85	65.1
	74.71	64.52	65.23	69.02	69.61	65.77	63.55

	75.24	60.48	66.28	70.15	70.25	65.84	64.92
STDEV	0.61	2.30	1.27	1.46	0.56	0.37	0.44
rata-rata	75.57	60.35	66.96	70.47	70.32	66.13	64.88

### B.27 SPL di luar ruang pada titik 1 sumber titik2

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	95.78	67.29	78.99	84.58	89.08	90.12	91.76
	95.81	70.37	76.56	83.06	89.33	89.21	92.5
	96.01	66.76	79.09	84.06	90.08	89.09	92.39
	95.47	70.68	77.12	83.89	88.92	89.12	91.86
	95.82	66.71	78.32	82.54	88.98	89.47	92.57
	96.01	68.51	78.47	83.9	89.64	89.85	92.3
	95.73	67.57	78.16	84.16	89.16	89.68	91.98
	95.71	72.7	78.45	83.23	89.2	89.35	92.15
	95.54	67.51	79.3	83.24	89.46	89.15	91.75
	95.85	69.59	77.84	83.57	89.72	89.36	92.24
	95.69	68.53	78.02	83.64	88.93	88.91	92.46
	95.71	67.93	78.92	83.48	89.66	89.43	91.87
	96.23	68.05	77.14	82.91	89.92	89.04	93.18
	95.5	66.71	78.7	83.43	88.72	88.49	92.33
	95.61	68.47	76.97	84.38	88.42	89.35	92.22
	96	67.19	79.32	82.97	89.84	88.85	92.73
	95.63	70.24	78.89	83.79	89.81	89.01	91.75
	95.44	69.75	78.43	84.04	88.34	88.77	92.18
	93.82	66.68	76.61	81.69	86.91	87.44	90.46
	95.41	70.24	77.73	84.5	89.04	88.62	91.8
STDEV	0.48	1.67	0.88	0.71	0.72	0.56	0.54
rata-rata	95.64	68.57	78.15	83.55	89.16	89.12	92.12

**B.28 SPL di luar ruang pada titik 3 sumber titik2**

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	91.08	62.78	76.14	83.39	86.92	81.58	85.55
	90.86	63.48	75	83.29	86.36	80.95	85.87
	90.47	64.32	75.34	82.93	85.79	81.57	85.24
	90.31	64.33	75.42	81.34	85.71	80.97	85.76
	90.2	61.06	75.98	82.21	85.85	80.34	85.02
	90.29	62.22	76.75	83.3	84.85	80.63	85.56
	90.43	62.79	77.61	81.61	86.32	81.1	84.99
	90.72	62.71	76.33	83.48	86.61	80.5	85
	90.34	61.83	75.44	83.28	85.72	80.54	85
	90.5	62.14	75.8	81.8	85.92	81.31	85.74
	90.82	60.82	76.76	83.35	86.9	80.88	84.83
	90.45	60.93	75.3	82.13	85.96	80.29	85.83
	90.73	63.94	77.19	82.79	85.91	81.38	85.84
	90.53	63.72	76.29	82.89	85.9	80.9	85.48
	90.67	64.27	76.64	83.38	86.15	81.45	85.05
	90.44	64.44	75.77	82.75	85.66	81.08	85.45
	90.59	62.26	76.03	83.24	86.16	80.81	85.23
	90.42	64.89	76.39	83.16	86.04	80.41	84.9
	90.62	61.4	75.29	83.83	85.69	81.05	85.5
	89.29	61.85	74.23	80.83	85.66	79.4	83.57
STDEV	0.36	1.29	0.80	0.82	0.47	0.52	0.53
rata-rata	90.49	62.81	75.99	82.75	86.00	80.86	85.27

**B.29 SPL di luar ruang pada titik 4 sumber titik2**

freq	ALL	125	250	500	1000	2000	4000
SPL	98.89	73.43	81.17	93.94	91.42	90.44	93.87
	98.58	74.95	78.81	92.54	91.97	91.08	93.52

	98.63	72.78	80.76	93.47	91.35	90.28	93.61
	98.7	73.56	78.91	92.85	91.87	91.07	93.75
	98.61	74.1	81.58	93.32	91.64	90.29	93.46
	98.3	73.63	80.53	91.55	92.06	90.57	93.53
	98.72	74.07	80.56	93.69	91.52	90	93.73
	98.72	72.56	80.88	93.64	91.91	89.92	93.57
	98.08	74.48	79.98	90.63	91.79	90.14	93.82
	98.64	75.34	79.98	91.76	92.43	90.85	94
	98.52	73.77	80.41	92.86	91.73	90.16	93.61
	98.35	72.87	78.95	91.35	91.97	89.94	94.2
	98.26	72.49	80.3	92.13	91.49	90.3	93.55
	98.55	73.19	79.63	92.44	91.62	90.54	93.98
	98.85	72.25	80.16	93.48	91.48	90.65	94.05
	98.93	72.23	79.57	94.38	91.22	90.42	93.72
	98.17	70.2	78.82	92.74	90.65	90.61	93.18
	98.82	71.09	80.08	93.39	91.61	90.85	93.89
	98.76	73.34	81.13	94.13	91.33	89.97	93.5
	98.13	73.45	80.31	92.84	91.35	90.11	92.75
STDEV	0.26	1.22	0.81	0.99	0.38	0.36	0.32
rata-rata	98.56	73.19	80.13	92.86	91.62	90.41	93.66

### B.30 SPL di dalam ruang pada titik 1 sumber titik2

freq	ALL	125	250	500	1k	2k	4k
SPL	71.47	52.26	59.93	64.68	66.01	62.73	65.9
	71.71	56.99	58.56	65.3	66.2	62.7	65.98
	71.37	54.87	58.49	65.18	65.63	62.11	65.92
	71.72	56.81	58.28	66.51	65.25	62.66	65.84
	70.99	54.53	58.21	64.69	64.69	62.62	65.67
	71.83	54.95	59.8	65.95	65.83	62.72	66.18

	71.04	56.12	57.07	64.93	64.65	61.81	66.05
	72.07	52.86	59.36	66.42	66.48	62.48	66.31
	71.68	59.75	59.31	65.51	66.1	61.7	65.56
	71.88	59.71	59.29	65.61	66	61.84	66.27
	71.76	55.74	59.28	65.82	65.95	62.5	66.07
	71.36	54.14	58.03	64.64	65.27	62.61	66.49
	71.42	53.58	60.34	65.25	64.82	62.05	66.41
	71.46	57.16	56.5	64.56	66.74	62.21	65.52
	72.12	55.74	59.84	67.27	65.64	62.65	65.93
	71.65	60.37	57.2	65.22	65.65	61.89	66.24
	71.34	51.14	55.66	65.79	65.43	61.58	66.25
	71.32	58.8	58.75	64.73	65.44	62.65	65.42
	71.2	58.1	56.72	64.83	65.39	61.8	65.82
	71.89	57.42	58.99	65.93	66.45	61.91	66.01
STDEV	0.32	2.57	1.28	0.73	0.58	0.41	0.30
rata-rata	71.56	56.05	58.48	65.44	65.68	62.26	65.99

**B.31** SPL di dalam ruang pada titik 3 sumber titik2

freq	ALL	125	250	500	1k	2k	4k
SPL	73.63	61.11	62.28	68.14	67.17	65.03	66.94
	73.84	64.45	60.99	68.39	66.48	64.99	67.29
	74.11	59.86	62.42	69.28	66.74	65.93	67.61
	73.62	56	62.76	69.37	65.59	64.61	67.33
	73.81	60.61	62.66	68.33	67.71	64.94	67.01
	73.08	60.46	60.82	67.13	65.92	64.25	67.8
	73.47	59.69	61.38	67.38	67.15	65.72	67.26
	74.34	55.85	64.6	68.95	67.67	66.07	67.8
	74.23	63.14	62.37	69.06	67.82	65.03	67.13
	73.54	60.9	61.58	68.17	66.96	64.52	67.28



	73.32	57.64	63.24	67.22	66.05	65.02	67.87
	73.31	59.36	62.8	67.05	66.7	65.61	67.04
	74.1	61.65	62.23	69.9	65.9	64.99	67.45
	73.59	53.36	62.2	68.66	66.38	64.86	67.85
	73.62	56.44	62.84	68.59	66.12	65.63	67.39
	73.26	59.88	63.02	67.35	65.94	65.41	67.15
	73.91	63	60.76	69.38	66.26	65.14	67.01
	73.85	60.03	62.68	69.07	66.97	64.97	67.04
	73.54	58.98	61.98	67.67	67.1	65.72	67.24
	73.39	54.12	62.6	67.91	66.98	64.84	67.32
STDEV	0.34	2.96	0.91	0.86	0.66	0.48	0.30
rata-rata	73.68	59.33	62.31	68.35	66.68	65.16	67.34

### B.32 SPL di dalam ruang pada titik 4 sumber titik2

freq	ALL	125	250	500	1k	2k	4k
SPL	71.81	61.16	59.67	64.8	64.56	63.16	66.76
	72.85	65.57	59.48	65.49	65.27	63.52	67.18
	72.34	62.05	57.83	66.3	65.26	62.58	67.19
	71.99	64.35	57.59	63.12	65	62.94	66.98
	72.54	65.25	58.48	65.12	65.11	62.64	67.12
	72.71	65.64	59.68	64.47	65.36	62.94	67.37
	73.08	61.58	61.03	67.65	66.23	63.49	67.1
	71.71	59.46	57.62	64.31	65.58	63.09	66.79
	72.51	63.15	60.17	65.21	66.38	62.85	66.85
	73.09	57.1	58.7	68.86	65.43	63.74	67.31
	72	62.76	58.9	63.36	66.07	62.99	66.72
	71.72	60.86	57	64.38	64.57	63.9	66.83
	72.23	61.17	59.75	65.17	65.94	62.56	67.14
	72.78	61.71	60.38	67.5	66.28	62.81	66.39

	72.06	61.78	58.13	64.23	65.74	63.24	67.1
	72.74	63.33	58.74	66.51	66.47	62.95	66.75
	72.25	58.46	58.17	66.75	64.78	64.1	66.93
	72.03	59.28	57.17	65.99	65.48	62.23	67.16
	69.76	57.81	57.13	62.92	62.64	61.55	64.71
	72.91	63.4	60.45	67.59	64.98	62.92	67.09
STDEV	0.73	2.49	1.22	1.64	0.87	0.58	0.56
rata-rata	72.26	61.79	58.80	65.49	65.36	63.01	66.87

## LAMPIRAN C

### PERHITUNGAN *TRANSMISSION LOSS*(TL)

#### C.1 Perhitungan NR

Dari data SPL diruang sumber dan di ruang penerima, didapat nilai *NR*. *NR* adalah perbedaan tingkat tekanan bunyi antara ruang sumber dan ruang pendengar sesudah partisi dipasang. Contoh perhitungan *NR* bahan 3 setelah perbaikan ruang sumber pada frekuensi 1000 Hz sebagai berikut:

Diketahui:

$$L_s = 99,28 \text{ dB}$$

$$L_p = 67,46$$

Ditanya:

$$NR = \dots?$$

Jawab:

$$\begin{aligned} NR &= L_s - L_p \\ &= 99,28 \text{ dB} - 67,46 \text{ dB} \\ &= 31,82 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti contoh perhitungan diatas maka didapatkan nilai *NR* untuk data percobaan lainnya yang diberikan pada Lampiran B

#### C.1 Perhitungan TL

Dengan waktu dengung pada ruang pendengar dan perhitungan yang sama menghitung penyerapan total seperti contoh perhitungan sebelumnya maka dapat dihitung penyerapan total pada ruang pendengar. Dalam perhitungan penyerapan total ruang pendengar volume yang dimasukkan adalah volume pendengar yaitu 197,61 m<sup>3</sup>. Dari perhitungan nilai *NR* serta penyerapan total ruang pendengar sehingga dengan persamaan (2.7) dapat dihitung nilai *TL* dari partisi yang digunakan.

Contoh perhitungan pada bahan 1 setelah perbaikan ruang sumber dengan frekuensi sumber bunyi 1000 Hz :

Diketahui :

$$NR = 31,82 \text{ dB}$$

$$A_2 = 11,82 \text{ (m}^2 \text{ sabine)}$$

$$S = 0,36 \text{ m}^2$$

Ditanya :

$$TL = \dots$$

Dijawab

$$TL = NR + 10 \log \frac{S}{A_2}$$

$$TL = 31,82 + 10 \log \frac{0,36}{11,82}$$

$$= 22,22 \text{ dB}$$

### C.3 Perhitungan *Sound Transmission Class*(STC)

Setelah didapatkan nilai TL di setiap frekuensi, dihitung STC sebagai nilai acuan besaran tunggal insulasi. Nilai STC dihitung sesuai *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Berikut merupakan hasil pengolahan data STC pada bahan 3 setelah perbaikan.

Tabel C 1 Perhitungan STC pada bahan 3 setelah perbaikan

STC	freq	TL	TL ref	STC-N	ASTM
23	125	17.60	-16	7	10.60
23	160	12.53	-13	10	2.53
23	200	19.16	-10	13	6.16
23	250	12.09	-7	16	-3.91
23	315	16.90	-4	19	-2.10
23	400	22.59	-1	22	0.59
23	500	23.60	0	23	0.60
23	630	25.17	1	24	1.17

23	800	23.80	2	25	-1.20
23	1000	22.22	3	26	-3.78
23	1250	22.01	4	27	-4.99
23	1600	22.13	4	27	-4.87
23	2000	24.38	4	27	-2.62
23	2500	21.97	4	27	-5.03
23	3150	26.28	4	27	-0.72
23	4000	26.34	4	27	-0.66
Total					-29.28

Tl referensi merupakan aturan yang diterapkan ASTM dalam perhitungan nilai STC. STC-N merupakan hasil dari pengurangan nilai STC terhadap TL referensi. Hasil tersebut digunakan untuk mengurangi nilai TL yang didapat, sehingga didapat nilai ASTM di setiap frekuensi. Nilai ini memiliki syarat antara lain:

- a. Hasil pengurangan TL terhadap STC-N tidak boleh lebih kecil dari -8 dB.
- b. Total nilai minus yang digunakan tidak boleh lebih kecil dari -32 dB.

Jika belum memenuhi syarat diatas, maka STC yang digunakan dalam perhitungan bisa diturunkan angkanya hingga memenuhi syarat tersebut.

***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## **BIODATA PENULIS**



Aziz Nugroho, lahir pada Rabu, 13 April 1994 di Kutacane, Aceh. Merupakan anak ke dua dari empat bersaudara. Menempuh pendidikan jenjang awal di SD N 1 Kutoarjo pada tahun 1999-2005. Kemudian melanjutkan studi di Darul Hikmah Islamic Boarding School pada tahun 2005-2011. Meneruskan pendidikan S1 di jurusan fisika FMIPA ITS pada tahun 2011.

Selama menjalani jenjang S1, penulis aktif mengikuti kegiatan keorganisasian. Menjadi staff Departemen Hubungan Luar Himasika ITS dan staff Departemen Komunikasi Informasi BEM FMIPA ITS pada periode 2012-2013, serta menjadi Wakil Ketua BEM FMIPA ITS periode 2013-2014. Selain itu penulis juga aktif sebagai Pemandu Latian Keterampilan Menejemen Mahasiswa. Penulis juga menjadi asisten praktikum fisika dasar pada tahun 2014.

Harapan pribadi dari penulis adalah mampu menjadi wirausaha yang menunjang kemajuan Indonesia.  
(aziznugrohoits@gmail.com)